С. П. КРАВКОВЪ.

МАТЕРІАЛЫ

КЪ ИЗУЧЕНІЮ

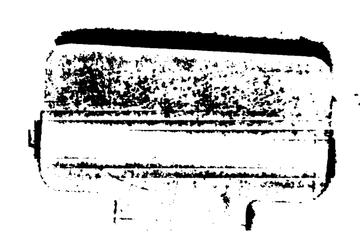
ПРОЦЕССОВЪ РАЗЛОЖЕНІЯ

РАСТИТЕЛЬНЫХЪ ОСТАТКОВЪ

ВЪ ПОЧВѢ.

Экспериментальное изслѣдованіе.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія М. М. Стасюлевича, Вас. остр., 5 лин., 28.
1908.

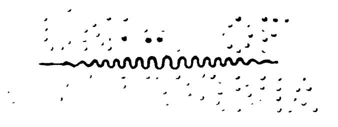


С. П. КРАВКОВЪ.

Kravkov

МАТЕРІАЛЫ
КЪ ИЗУЧЕНІЮ
ПРОЦЕССОВЪ РАЗЛОЖЕНІЯ
РАСТИТЕЛЬНЫХЪ ОСТАТКОВЪ
ВЪ ПОЧВѢ.

Экспериментальное изслѣдованіе.

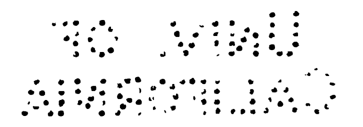


С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія М. М. Стасюлевича, Вас. остр., 5 лин., 28.
1908.

По опредѣленію Физико-Математическаго Факультета Императорскаго С.-Петербургскаго Университета печатать разрѣшается.

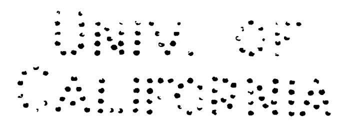
Деканъ *В. Шимкевичъ.*

1 іюля 1908 г.



Излагаемые ниже наблюденія и опыты, касающіеся изученія растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ и ихъ дальнѣйшей судьбы въ почвѣ, представляютъ собой результатъ лабораторной разработки трактуемаго вопроса втеченіе цѣлаго ряда лѣтъ. Часть этихъ опытовъ подготовлялась и разрабатывалась въ лабораторіи проф. Ramann'a (въ Мюнхенѣ), часть-же—въ Агрономической Лабораторіи С.-Петербургскаго Университета.

Прежде чѣмъ приступить къ изложенію всѣхъ полученныхъ результатовъ, считаю своею обязанностью выразить Физико-Математическому Факультету С.-Петербургскаго Университета глубокую благодарность за ту матеріальную поддержку, которая оказана была мнѣ въ дѣлѣ печатанія настоящей работы.



ГЛАВА I.

Значенiе изслѣдованiй процессовъ разложенiя отмирающихъ растительныхъ остатковъ, попадающихъ въ поверхностные горизонты почвы — для теоретическаго почвовѣдѣнiя и въ вопросахъ практическаго земледѣлiя. Три категорiи продуктовъ этого разложенiя: летучiе продукты, легко растворимыя (минеральныя и органическiя) вещества и трудно растворимыя вещества, входящiя въ прочное соединенiе съ минеральными элементами почвы (гумусовыя вещества). Значенiе легко растворимыхъ въ водѣ продуктовъ разложенiя въ жизненныхъ процессахъ почвы и растенiй. Недостаточная изученность этой категорiи продуктовъ разложенiя. Растворяющее дѣйствiе воды на свѣжiе растительные остатки, еще не испытавшiе на себѣ процессовъ разложенiя. Чтó сдѣлано въ сферѣ изученiя всѣхъ этихъ вопросовъ.

Энергiя и характеръ разложенiя органическихъ остатковъ растительнаго и животнаго происхожденiя, попадающихъ на поверхность почвы, и въ болѣе или менѣе глубокiе горизонты послѣдней, являются рѣшающимъ моментомъ въ процессахъ формированiя того или другого почвеннаго типа и представляютъ собой одинъ изъ важнѣйшихъ факторовъ въ дальнѣйшемъ ходѣ всѣхъ тѣхъ физическихъ и химико-бiологическихъ процессовъ, которые совершаются въ почвѣ, и совокупностью которыхъ характеризуется намъ „жизнь" послѣдней.

Изученiе этихъ процессовъ разложенiя органическихъ остатковъ должно являться, въ силу сказаннаго, краеугольнымъ камнемъ въ *научномъ, теоретическомъ почвовѣдѣнiи.* Дѣйствительно, ближайшее знакомство со всѣми этими процессами

показываетъ намъ, что мы должны ихъ считать въ настоящее время одной изъ наиболѣе чувствительныхъ реакцій на малѣйшее измѣненіе тѣхъ или другихъ факторовъ почвообразованія: климатическія особенности данной мѣстности, ея рельефъ, химическія и физическія свойства подстилающей материнской породы и пр. и пр. — все это налагаетъ *свою опредѣленную* печать и на энергію, и на характеръ разложенія въ почвѣ органическихъ остатковъ.

Такимъ образомъ, знакомство съ количествомъ имѣющихся въ данной почвѣ гумусовыхъ веществъ и, главное, со свойствами послѣднихъ, открываетъ намъ часто глаза на многія стороны въ генезисѣ данной почвы и помогаетъ намъ тѣмъ самымъ точно иногда оріентироваться, при какихъ условіяхъ климата и растительности формировалась данная почва.

Уже поверхностное наблюденіе надъ различными типами почвъ показываетъ, что съ точки зрѣнія *количества* заключающихся въ почвѣ органическихъ веществъ почвы эти представляютъ необыкновенно разнообразную картину. Между тучнѣйшими черноземами съ 14%—15% гумуса съ одной стороны и, напр., субтропическими латеритами, часто совершенно почти лишенными темноцвѣтныхъ продуктовъ разложенія, съ другой, — имѣется цѣлый рядъ постепенныхъ переходовъ. Не менѣе разнообразны и *качественный* составъ и свойства этихъ продуктовъ: достаточно хотя бы сравнить кислый перегной торфяно-болотныхъ и подзолистыхъ почвъ съ перегноемъ нейтральнымъ („сладкимъ“ по терминологіи проф. Докучаева) тѣхъ же черноземовъ, различную растворимость ихъ въ водѣ и пр., чтобы убѣдиться въ этомъ. А съ химическими свойствами продуктовъ распада органическихъ веществъ находится несомнѣнно въ неразрывной связи и весь дальнѣйшій сложный ходъ минеральнаго вывѣтриванія почвенной массы.

Въ сферѣ изученія всѣхъ этихъ процессовъ выдающимся моментомъ должны мы признать геніальныя открытія *Pasteur'а*,

установившія съ полной очевидностью, что процессы разложенія органическихъ веществъ, считавшіеся до того времени процессами чисто-химическими, обусловливаются главнѣйшимъ образомъ, жизнедѣятельностью микроорганизмовъ. Положенія эти нашли себѣ широкое и полное подтвержденіе и въ болѣе частномъ случаѣ — въ области изученія процессовъ разложенія органическихъ веществъ въ почвѣ. Вліяніе на эти процессы высокихъ и низкихъ t^0, степени увлажненія, доступа кислорода воздуха, различныхъ антисептическихъ средствъ и т. п. [1]), все это нашло себѣ вполнѣ удовлетворительное объясненіе въ упомянутыхъ открытіяхъ *Pasteur'a*.

Разъ это такъ, разъ процессы распада органическихъ остатковъ въ почвѣ есть процессы, главнымъ образомъ, біологическаго характера, то намъ становится понятнымъ, какія разнообразныя формы и направленія принимаютъ эти процессы въ почвѣ при естественныхъ условіяхъ — въ зависимости отъ того или другого притока въ почву воздуха, отъ той или другой влажности почвы, температурныхъ условій, химическихъ и физическихъ свойствъ почвы и пр., т.-е. факторовъ, обусловливаемыхъ въ свою очередь климатическими особенностями данной мѣстности, ея рельефомъ, растительнымъ и животнымъ міромъ и т. п. Развитіе, жизнь и составъ микроскопической флоры почвы должны, такимъ образомъ, находиться въ самой тѣсной, непосредственной связи со всѣми указанными факторами, должны отражать въ себѣ всѣ мельчайшія особенности или измѣненія послѣднихъ. Все это даетъ намъ право считать процессы распада въ почвѣ органическихъ остатковъ дѣйствительно одной изъ наиболѣе чувствительныхъ

[1]) Литературу этихъ вопросовъ см. *E. Wollny*. Die Zersetzung der Organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg, 1897, s. 18—38, 99—140.
Костычевъ. Почвы черноз. обл. Россіи. Ч. I. 1886.
Костычевъ. Тр. Спб. Общ. Ест., XX („Образованіе и свойства перегноя").
Ивановскій. „Изъ дѣятельности микроорганизмовъ въ почвѣ". 1891.
Коссовичъ и *Третьяковъ* „Журн. Оп. Агр.". 1902, кн. III и др.

реакцій на всякое измѣненіе извнѣ того или другого изъ факторовъ почвообразованія.

Факты эти уже и сами по себѣ имѣютъ глубокій интересъ для теоретическаго почвовѣдѣнія. Огромное значеніе ихъ, однако, усугубляется еще тѣмъ, что процессы разложенія въ почвѣ органическихъ веществъ играютъ, можно сказать, руководящую роль и во всѣхъ послѣдующихъ жизненныхъ функціяхъ почвенной среды. Измѣняется, въ силу тѣхъ или другихъ условій, характеръ и энергія этого разложенія—и обстоятельство это сейчасъ же налагаетъ опредѣленную печать и на всѣ послѣдующіе процессы минеральнаго вывѣтриванія почвы. Разложеніе, напр., растительныхъ остатковъ въ сѣверныхъ широтахъ, протекающее подъ вліяніемъ большого количества влаги, недостаточной теплоты, въ средѣ затрудненной аэраціи и пр., и влекущее за собой въ силу этого образованіе перегнойныхъ веществъ *кислотнаго* характера, типа, главнымъ образомъ,[1] *креновой* кислоты — является, руководящимъ моментомъ во всѣхъ послѣдующихъ процессахъ, совершающихся въ почвѣ. Распаденіе продуктовъ гидролиза сложныхъ силикатовъ до свободной кремнекислоты и до основаній, легко вымываемыхъ, возстановленіе окиснаго желѣза въ закисное, выщелачиваніе солей послѣдняго въ видѣ органическихъ и углекислыхъ соединеній, все бо̀льшее накопленіе въ почвѣ кремнекислоты въ твердомъ состояніи, выпаденіе въ нижнихъ горизонтахъ почвы большинства выщелоченныхъ соединеній въ видѣ *ортштейна* — какъ результата сложныхъ реакцій обмѣна и возстановленія и пр. и пр.—все это процессы, придающіе данному почвенному типу совершенно опредѣленную физіономію и являющіеся логическимъ слѣдствіемъ опредѣленнаго типа разложенія органическихъ остатковъ.

Вспомнимъ далѣе энергію и характеръ распада растительныхъ остатковъ въ широтахъ тропическихъ, гдѣ процессъ этотъ протекаетъ при очень высокой t^0, при оптимальныхъ

для этого процесса условіяхъ влажности, въ средѣ полной аэраціи и т. п. Въ описанныхъ условіяхъ процессы разложенія будутъ итти съ такой энергіей, что бóльшая часть органическихъ остатковъ будетъ минерализоваться до конца, съ образованіемъ такихъ окисленныхъ продуктовъ, какъ CO_2, HNO_3, H_2SO_4 и т. п., и только небольшая сравнительно часть ихъ останется въ качествѣ темноцвѣтныхъ продуктовъ распада, образуя почвенный гумусъ. Выдѣляясь въ избыткѣ — CO_2—и растворяясь въ почвенной водѣ, будетъ способствовать энергичному отщепленію и выносу щелочей и щелочныхъ земель въ видѣ углекислыхъ солей. Почвенная среда получаетъ *щелочную* реакцію. При этихъ условіяхъ кремнекислота будетъ также переходить въ растворъ и выщелачиваться въ нижніе горизонты. Этому же способствуетъ и фактъ вымыванія въ большихъ количествахъ калія и натрія, съ которыми, какъ извѣстно, кремнекислота даетъ легко-растворимыя соли. Что касается полуторныхъ окисловъ, то въ щелочной средѣ послѣдніе выщелачиваться не будутъ, а, напротивъ, будутъ накопляться въ почвенныхъ горизонтахъ (какъ видимъ, полная противоположность генезису подзолистыхъ, вышеупомянутыхъ образованій).

И здѣсь мы должны признать, что весь сложный ходъ своеобразнаго минеральнаго вывѣтриванія тропическихъ почвъ, вся сложная картина ихъ жизненныхъ функцій является совершенно логическимъ слѣдствіемъ своеобразнаго типа разложенія тамъ растительныхъ остатковъ.

Ограничиваясь этими двумя рѣзкими примѣрами, мы должны, однако, признать, что и по отношенію къ другимъ такимъ же типичнымъ случаямъ мы можемъ установить столь же законныя соотношенія. Болѣе детальное изученіе и болѣе близкое знакомство со всѣми процессами разложенія въ почвѣ органическихъ остатковъ дастъ намъ, безъ сомнѣнія, возможность впослѣдствіи установить подобныя же правильныя со-

отношенія и относительно другихъ, менѣе типичныхъ, случаевъ почвообразованія.

Такимъ образомъ, всесторонняя и детальная разработка всѣхъ вопросовъ, касающихся изученія какъ самого процесса разложенія, такъ и явленій взаимодѣйствія продуктовъ этого распада съ минеральной частью почвы должна представлять собою одну изъ важнѣйшихъ страницъ *теоретическаго почвовѣдѣнія*.

Едва ли меньшее значеніе и интересъ представляютъ собой процессы разложенія органическихъ остатковъ и для *земледѣлія, будучи неразрывно и тѣсно связаны съ вопросомъ о плодородіи почвъ*.

Знакомство съ различными воззрѣніями на роль составныхъ частей почвы въ питаніи сельско-хозяйственныхъ растеній—въ ихъ историческомъ прошломъ—показываетъ намъ, что уже издавна и хозяева-практики, и писатели придавали органическому веществу первенствующее значеніе въ вопросахъ плодородія почвъ. Правда, нѣкоторыя изъ этихъ воззрѣній страдаютъ излишней односторонностью (вспомнимъ, наприм., наиболѣе цѣльное изъ нихъ, вылившееся въ извѣстную „гумусовую теорію“ питанія растеній *Альбр. Тэера*); правда и то, что роль органическаго вещества въ почвѣ, въ качествѣ именно *непосредственнаго* источника питанія растеній является и до сихъ поръ совершенно почти не выясненной, несмотря на значительное количество работъ въ этомъ направленіи [1]), мы мо-

---

[1]) *W. Detmer*. Landw. Versuchsstationen. XIV, s. 294.

Petermann. Bulletin de l'Académie royale de Belgique, 1882. T. III, № 1. (*Wollny*. Die Zersetzung etc. s. 275).

Dehérain. Annales agronomiques. 1889. T. XV.

Bréal. Id. 1894. T. XX.

Frank. Biolog. Centralbl. 1885. Bd. V.

Grandeau. Annales de la Station Agronomique de l'Est. 1872. („Recherches sur le rôle des matières organiques du sol dans les phénomènes de la nutrition des plantes“).

Нефедовъ. Тр. В. Э. Общ. 1894. (Также Сел. Хоз. и Лѣс. 1897).

Работы *Коренвиндера*, *Wiley* и мн. др.

жемъ все же опредѣленно въ настоящее время сказать, что въ качествѣ *косвеннаго* фактора присутствіе въ почвѣ органическаго вещества и процессы его разложенія играютъ крайне важную роль въ вопросахъ плодородія послѣдней. Переведеніе трудно растворимыхъ минеральныхъ составныхъ частей почвы въ болѣе растворимое, а, слѣдовательно, и болѣе удобоусвояемое состояніе [1]), благотворное вліяніе на различныя физическія свойства почвы (на связность ея, влагоемкость, t⁰ и пр.) [2]), постепенное отщепленіе отъ органическаго вещества, служащаго какъ бы запаснымъ магазиномъ въ почвѣ питательныхъ веществъ, легко растворимыхъ минерализованныхъ продуктовъ [3]) и пр. и пр. — все это такіе процессы, которые представляютъ собой для научнаго и практическаго земледѣлія вопросы первостепенной важности.

Такимъ образомъ—возможно бо́льшее освѣщеніе, съ эксперементальной стороны, процессовъ разложенія органическихъ остатковъ, попадающихъ въ почвенные горизонты — является настоятельно необходимымъ.

---

[1]) *Senft.* Lehrbuch der Gesteins und Bodenkunde. 1877. s. 331.
König. Centralbl. für Agriculturchemie. Bd. III, s. 77.
Detmer. Landw. Versuchsstat. 1871.
Simon. Id. 1875.
Тарховъ. Изв. Петровской Академіи, 1881.
Бѣлецкій. Id. 1880.
Мещерскій. Журн. рус. физ.-химич. Общ., 1882, стр. 414.
Родзянко. Тр. VIII Съѣзда Рус. Ест. и Врачей, 1890.
Глинка. Изслѣдов. въ области процессовъ вывѣтриванія, 1906, стр. 28 и др.

[2]) *Wollny.* Die Zersetzung der Organisch. Stoffe etc. s. 284—292.

[3]) *Schröder.* Forstchemische und pflanzenphysiologische Untersuchungen, 1878.

Ramann. Die Einwirkung von Wasser auf Buchen- und Eichenstreu, 1887.

Слезкинъ. Этюды о гумусѣ, 1900.

Кравковъ. О водныхъ растворахъ минеральныхъ составныхъ частей растит. остатковъ etc. („Журн. Оп. Агр.", 1905, кн. III; также въ „Journal für Landwirthschaft", 1905, s. 279).

Кравковъ. О растворимыхъ въ водѣ продуктахъ разложенія органич. веществъ. („Матеріалы по изуч. рус. почвъ", 1906, вып. XVII).

Однако, несмотря на многочисленныя и разностороннія изслѣдованія, произведенныя въ этой области, несмотря на интереснѣйшіе результаты, полученные въ ней — необходимо указать, что нѣкоторыя стороны разсматриваемаго вопроса оставались и остаются почти совершенно безъ разсмотрѣнія—притомъ какъ разъ тѣ именно, которыя, по моему мнѣнію, представляются одними изъ важнѣйшихъ и существеннѣйшихъ какъ въ области изученія процессовъ почвообразованія, такъ и въ вопросахъ плодородія почвъ.

Чтобы убѣдиться въ этомъ и чтобы отчетливѣе выяснить себѣ, какія именно стороны разсматриваемаго вопроса наиболѣе нуждаются въ настоящее время въ дальнѣйшей разработкѣ — мы вспомнимъ, въ общихъ чертахъ, главнѣйшіе результаты и выводы, полученные до сихъ поръ агрономической наукой въ области изученія процессовъ разложенія въ почвѣ органическихъ остатковъ.

Какъ извѣстно — результатомъ этого разложенія являются весьма разнообразные и многочисленные продукты. Эти послѣдніе мы можемъ все же подраздѣлить на три категоріи. *Къ первой категоріи* надо отнести различные *газообразные продукты.*

Эти продукты или выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія съ почвой, т.-е., улетаютъ въ атмосферу, или же, растворяясь въ почвенной влагѣ, а иногда и поглощаясь почвой—принимаютъ въ своей послѣдующей судьбѣ самое близкое участіе въ различныхъ почвенныхъ процессахъ.

Относительно упомянутыхъ летучихъ продуктовъ мы можемъ считать, что выясненіе ихъ съ качественной стороны, количественный учетъ этихъ продуктовъ при различныхъ условіяхъ разложенія, наконецъ — ихъ дальнѣйшая судьба въ почвѣ — разработаны въ настоящее время сравнительно съ достаточной полнотой. Какъ извѣстно—въ зависимости отъ того, происходитъ ли разложеніе органическаго вещества при доступѣ воз-

духа, или безъ него—эти летучіе продукты бываютъ различны. Въ первомъ случаѣ (процессъ „тлѣнія") — однимъ изъ главныхъ такихъ продуктовъ является CO_2, какъ результатъ окисленія углерода органическаго вещества. Выдѣленіе этого газа является на столько характернымъ для упомянутаго процесса, что количество выдѣляющейся CO_2 изъ разлагающейся массы послужило для всѣхъ изслѣдователей въ этой области—масштабомъ энергіи разложенія. Обстоятельство это, конечно, въ высшей степени упростило методику изученія энергіи процессовъ разложенія: стбило только учитывать количества выдѣляющейся CO_2 при различныхъ условіяхъ разложенія, чтобы выяснить себѣ роль этихъ условій въ ходѣ упомянутыхъ процессовъ. Путемъ такихъ изслѣдованій и учтенъ въ настоящее время съ достаточной полнотой этотъ, одинъ изъ главнѣйшихъ газообразныхъ продуктовъ распада органическаго вещества. Выяснено, напр., вліяніе на этотъ процессъ количества и концентраціи разлагающагося матеріала, степени размельченности послѣдняго, степени его разложенности, химическаго состава его, и пр., изучено съ большой подробностью и значеніе различныхъ внѣшнихъ факторовъ, какъ-то, — значеніе количества притекающаго къ разлагающемуся матеріалу кислорода воздуха, значеніе той или другой t^0, влажности, свѣта, электричества и пр. [1]). Кромѣ того дальнѣйшая судьба выдѣляющейся CO_2 изъ органическихъ веществъ и роль ея въ почвообразовательныхъ процессахъ—представляется намъ также въ значительной степени выясненной. Мы знаемъ, напр., что CO_2,

---

[1]) Литература этихъ вопросовъ сведена въ цитированной уже монографіи Wollny.—„Die Zersetzung" etc.

Костычевъ. l. c.

Коссовичъ и *Третьяковъ*. l. c.

Каратыгинъ. „Процессъ разложенія перегноя съ выдѣленіемъ CO_2" etc. (Мат. по изуч. русскихъ почвъ, X, 1896).

Кравковъ. „Къ вопросу о вліяніи электризаціи почвы на совершающіеся въ ней процессы". (Мат. по изуч. русскихъ почвъ", XI, 1898).

растворяясь въ почвенной водѣ, образуетъ съ основаніями углекислыя соли, способствуетъ разложенію различныхъ силикатовъ, отнимая отъ нихъ основанія, оказываетъ аналогичное же дѣйствіе и на соли другихъ кислотъ, напр., на фосфаты и пр. Въ этомъ направленіи, т.-е., въ области изученія дѣйствія CO_2 и углекислой воды на различные минералы и горныя породы, мы имѣемъ обширную литературу [1]).

Не менѣе изученнымъ представляется въ настоящее время образованіе и дальнѣйшая судьба въ почвѣ NH_3. Превращеніе части азотистыхъ веществъ и амидообразныхъ соединеній въ NH_3, окисленіе этого послѣдняго въ почвѣ въ HNO_2 и далѣе въ HNO_3, дальнѣйшая судьба образовавшихся нитратовъ, процессы вымыванія ихъ, зависимость этихъ процессовъ отъ различныхъ почвенныхъ и климатическихъ условій и пр. и пр., все это имѣетъ въ настоящее время также свою спеціальную и обширнѣйшую литературу [2]).

Далѣе—выдѣленіе изъ разлагающейся органической массы H_2S и дальнѣйшее превращеніе его въ сѣрнокислыя соли, выдѣленіе (при особыхъ условіяхъ разложенія, напр., при затрудненномъ доступѣ кислорода) свободнаго H, CH_4, PH_3, N и т. п., все это продукты, которые подвергнуты болѣе или менѣе точному учету—хотя, правда, иногда лишь съ качественной стороны [3]).

---

[1]) Эта литература приведена напр. у *Глинки*. „Изслѣдованія въ области процессовъ вывѣтриванія". 1906, стр. 6—19.

[2]) *Wortmann*. Landw. Jahrb. 1891, XX.

Immendorf. Id. 1892, XXI.

Виноградскій. Annales de l'Institut Pasteur V. IV—V. (Также „Арх. біол. Наукъ". Т. I и VII).

Déhérain. Annales de l'Agriculture. (T. XIII—XXIV).

Омелянскій. „Арх. біол. Наукъ". Т. VII.

Ключаревъ. „О нитрифицирующей способности нормальныхъ почвъ", etc.

Сазановъ. „Къ вопросу о нитрифицирующей способности"... etc. („Ж. Оп. Агр.") 1907, I, и мн. др.

[3]) *Wollny*. „Die Zersetzung"... etc., s. 8—15.

Если мы теперь перейдемъ къ разсмотрѣнію *второй категоріи продуктовъ*, получающихся при разложеніи органическихъ веществъ, а именно, къ тѣмъ темноцвѣтнымъ, трудно растворимымъ веществамъ, которыя, входя въ тѣсное соединеніе съ минеральными составными частями почвы, даютъ начало *гумусовымъ веществамъ*, то и здѣсь мы должны констатировать, что, хотя ближайшая природа гумуса, ближайшее знакомство съ формой соединеній, находящихся въ его составѣ, до сихъ поръ является еще далеко неяснымъ, все же условія накопленія гумуса въ почвѣ, условія его разложенія, вліяніе его на физическіе, химическіе и біологическіе процессы въ почвѣ и т. п., разработаны въ настоящее время также съ достаточной полнотой и въ этой области мы имѣемъ уже весьма обширную литературу.

На основаніи имѣющейся въ этой области литературы, мы имѣемъ въ настоящее время возможность довольно ясно представить себѣ распредѣленіе гумуса въ различныхъ типахъ почвъ, въ зависимости отъ различныхъ естественно-историческихъ условій [1]); можемъ нарисовать себѣ, хотя бы въ общихъ чертахъ, распредѣленіе этихъ веществъ въ вертикальномъ сѣченіи почвъ [2]), выяснить зависимость *характера* гумуса отъ различныхъ условій его образованія [3]) и т. п.

Что касается ближайшаго химическаго состава гумусовыхъ

---

[1]) См. классификацію почвъ *Докучаева*. (Мат. къ оцѣнкѣ земель Нижегородск. губ.", 1886, I).

Сибирцевъ. („Почвовѣдѣніе" I—III).

Глинка. („Излѣд. въ обл. процессовъ вывѣтриванія", 1906, стр. 163—175).

Объ общемъ законѣ накопленія въ почвѣ гумуса, см. *Костычевъ*. („Почвы черноземной области Россіи", 1886).

Wollny. l. c. s. 185—195.

[2]) *Костычевъ*. l. c.

Богословскій. Мат. по изуч. русскихъ почвъ, VI.

Hilgard. Journal d'agriculture Pratique, 1894.

[3]) *Лесневскій*. Записки Ново-Алекс. Института. Т. X.

Козловскій. Матеріалы по изученію русскихъ почвъ, VIII.

Грачевъ. Журналъ Оп. Агр. 1902, III.

веществъ почвы, то, хотя онъ и по настоящее время является почти совершенно не выясненнымъ, все же вопросъ этотъ имѣетъ обширную спеціальную литературу [1]). Относительно, наконецъ, значенія веществъ гумуса для физическихъ и химическихъ свойствъ почвы, мною сказано выше (стр. 7).

Къ третьей, наконецъ, категоріи продуктовъ, получающихся при разложеніи органическихъ остатковъ, мы должны отнести тѣ легко-растворимыя въ водѣ, удобоподвижныя соединенія, которыя, постепенно отщепляясь отъ органическихъ остатковъ, какъ результатъ постепенной минерализаціи послѣднихъ, проникаютъ съ атмосферными осадками въ различные горизонты почвы, принимаютъ въ послѣдней, благодаря своей легкой удобоподвижности, самое близкое и дѣятельное участіе во всѣхъ жизненныхъ функціяхъ почвы, легко восприпимаются въ качествѣ питательныхъ веществъ корнями растеній, или вымываются, наоборотъ, при особыхъ условіяхъ климата, рельефа, физическихъ свойствъ почвы и пр., въ грунтовыя воды и т. д. и т. д.

Эту третью категорію продуктовъ, получающихся при разложеніи органическихъ остатковъ, мы должны признать, въ противоположность первымъ двумъ, почти совершенно не изученной [2]) Какъ идетъ эта постепенная минерализація, въ какой послѣдовательности отщепляются тѣ или другія растворимыя соединенія, въ зависимости отъ различныхъ внѣшнихъ и внутреннихъ условій, какое участіе принимаютъ они въ жизни почвы, какія производятъ тамъ измѣненія, какой смыслъ имѣютъ эти процессы въ жизни растеній и пр. и пр., все это вопросы, которые являются въ настоящее время, съ экспериментальной стороны, часто совершенно и не затронутыми.

---

[1]) См. эту литературу у *Wollny*. l. c. s. 214—235.
У Глинки. Почвовѣдѣніе, стр. 111.
Suzuki. Bied. Centralbl. für Agriculturchemie, 1908, V, s. 347.

[2]) Если не считать, конечно, *нитратовъ*, образованіе и судьба которыхъ изучены детально (см. стр. 10—вторую сноску).

Правда,—помощью хотя-бы количественнаго учета выдѣляющейся CO_2, мы можемъ до нѣкоторой степени *догадываться*, какъ энергично идетъ этотъ процессъ минерализаціи, но учетъ этотъ не даетъ положительно никакого опредѣленнаго *конкретнаго* отвѣта на всѣ поставленные выше вопросы.

Между тѣмъ, болѣе близкое знакомство съ этими процессами, учетъ этихъ легко-растворимыхъ продуктовъ, наравнѣ съ газообразными продуктами (CO_2, NH_3, CH_4 и т. п.) и темноцвѣтными гумусовыми веществами, болѣе близкое изученіе претерпѣваемой ими дальнѣйшей судьбы въ почвѣ и пр., должно представлять собой существенный интересъ какъ для теоретическаго почвовѣдѣнія, такъ равно и для земледѣлія [1]).

Дѣйствительно, вѣдь процессы растворенія атмосферными вóдами отщепляющихся соединеній при разложеніи органическихъ остатковъ и проникновенія ихъ въ почву, представляютъ собой самое обычное и естественное явленіе въ природѣ, всюду, гдѣ есть растительность и достаточное количество атмосферныхъ осадковъ. Вмываемые водой эти растворимые продукты распада органическихъ остатковъ (листьевъ, сучьевъ, корней, стеблей), ежегодно поступая въ почву и, принимая тамъ самое дѣятельное участіе во многихъ физическихъ и химико-біологическихъ процессахъ, должны быть отнесены къ однимъ изъ важнѣйшихъ естественныхъ факторовъ почвообразованія. Количественный и всесторонній учетъ этихъ процессовъ долженъ считаться крайне важной, хотя и очень сложной, задачей. Различныя условія климата и погоды, различный характеръ и свойства почвы, составъ и строеніе разлагающихся растительныхъ матеріаловъ и пр., все это налагаетъ свой особый отпечатокъ на упомянутые процессы.

Съ другой стороны, всѣ эти „минерализованные“ продукты

---

[1]) О значеніи вообще почвенныхъ растворовъ, см. крайне интересную работу *С. Захарова*. („Журн. Оп. Агр.“, 1906, стр. 472).

разложенія должны быть признаны играющими существеннѣйшую роль и въ питаніи растеній. Дѣйствительно, какія же соединенія почвы являются наиболѣе доступными корнямъ растеній, какъ не легко-растворимыя въ водѣ? Далѣе, вытягиваніе корнями растеній питательныхъ веществъ изъ болѣе глубокихъ горизонтовъ почвы, накопленіе ихъ въ надземныхъ частяхъ, послѣдующее отмираніе и согниваніе этихъ частей, вмываніе растворимыхъ продуктовъ этого согниванія въ почву, процессы поглощенія ихъ поверхностными горизонтами послѣдней и т. д., все это должно вызывать сложныя *перераспредѣленія питательныхъ веществъ по различнымъ горизонтамъ почвы* и играть, такимъ образомъ, весьма важную роль въ плодородіи послѣдней, особенно, если мы приняемъ во вниманіе, что растительный организмъ кислотными выдѣленіями своихъ корней часто переводитъ въ свои ткани трудно-растворимыя въ водѣ соединенія почвы, которыя, послѣ отмиранія и согниванія этого организма, дѣлаются, такимъ образомъ, въ извѣстной своей части, легко-растворимыми. Правда, въ естественныхъ условіяхъ, мы можемъ встрѣтиться и съ противоположнымъ процессомъ, т.-е., съ переходомъ легко-растворимыхъ продуктовъ разложенія въ трудно-растворимыя, неудобоусвояемыя растеніемъ, соединенія (какъ результатъ того или другого явленія взаимодѣйствія съ составными частями почвы).

Все это лишній разъ подчеркиваетъ настоятельную необходимость экспериментальнаго освѣщенія всѣхъ этихъ, столь важныхъ для земледѣлія, процессовъ.

Настоящая работа и имѣетъ своею главною задачею освѣтить нѣсколько эти процессы минерализаціи при различныхъ условіяхъ разложенія органическихъ остатковъ (главнымъ образомъ—растительнаго происхожденія), т.-е., сдѣлать по возможности количественный и качественный учетъ легко-растворимыхъ въ водѣ продуктовъ этого разложенія, прослѣдить, въ общихъ чертахъ, дальнѣйшую судьбу ихъ въ почвѣ и выяснить,

на сколько возможно, значеніе этихъ процессовъ для растительности.

Данныя, сообщаемыя мною въ настоящей работѣ, касаются главнымъ образомъ, лишь *минеральныхъ*, легко-растворимыхъ продуктовъ разложенія и оставляютъ пока въ сторонѣ растворимые *органическіе* продукты этого разложенія—частью потому, что это не входило пока въ планы моей задачи, частью-же и потому, что, хотя и поверхностно, но все-же продукты эти, какъ это выяснится изъ дальнѣйшаго изложенія, нѣсколько изучены и частью уже прослѣжены въ своей дальнѣйшей судьбѣ.

Прежде всего мы должны подчеркнуть тотъ интереснѣйшій фактъ, что чистая *вода въ состояніи переводить въ растворъ* значительное количество и минеральныхъ и органическихъ составныхъ частей даже *изъ тѣхъ растительныхъ остатковъ, которые не подвергались еще никакимъ процессамъ разложенія.* Отмершіе листья древесныхъ породъ, сучья, иглы, солома и пр.—всѣ эти матеріалы, будучи приведены въ соприкосновеніе съ водой—немедленно начинаютъ отдавать этой послѣдней значительное количество своихъ зольныхъ и органическихъ составныхъ частей, которыя вскорѣ и поступаютъ въ почву, принимая тамъ дѣятельное участіе во всѣхъ жизненныхъ ея процессахъ.

Фактъ этотъ уже самъ по себѣ представляется намъ крайне важнымъ и интереснымъ, но для послѣдующаго качественнаго и количественнаго изученія легко-растворимыхъ въ водѣ продуктовъ, получающихся при различныхъ процессахъ разложенія растительныхъ остатковъ, — онъ пріобрѣтаетъ для насъ особо-важное значеніе, *служа исходнымъ пунктомъ* для всѣхъ послѣдующихъ учетовъ.

Нѣкоторыя данныя по этому вопросу мы имѣемъ еще у

Ис. Пьера [1]) относительно „сѣнного чая“. Послѣдовательными вытяжками имъ было извлечено до 16,57°/о вещества, и сѣно значительно посвѣтлѣло. На основаніи этихъ цифръ *Ис. Пьеръ* указываетъ на громадность происходящихъ потерь изъ растительныхъ матеріаловъ, остающихся по внѣшнему виду нормальными, путемъ выщелачиванія атмосферными водами.

Спеціально штудировалъ вопросъ о выщелачиваніи водой изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ зольныхъ ихъ элементовъ *I. Schröder* [2]). Авторъ бралъ для своихъ анализовъ различные матеріалы растительнаго происхожденія и показалъ, что помощью дистиллированной воды можно извлечь весьма большія количества минеральныхъ веществъ изъ тѣхъ растительныхъ объектовъ, которые не испытали на себѣ еще никакихъ процессовъ разложенія. Насколько велики эти количества,—видно изъ слѣдующихъ, полученныхъ имъ при этихъ анализахъ, цифръ:

Растворилось въ водѣ изъ общаго количества (въ °/₀):

(Результаты перечислены на сухое вещество).

	Изъ еловыхъ вѣточекъ.	Изъ еловыхъ иголъ.	Изъ буковой листвы.	Изъ еловой подстилки.	Изъ сосновой подстилки.
K_2O	47,7°/₀	54,8°/₀	52,6°/₀	56,9°/₀	67,3°/₀
Na_2O	—	71,4 „	19,7 „	50,4 „	—
CaO	7,9 „	5,0 „	4,4 „	6,5 „	7,6 „
MgO	20,3 „	18,8 „	19,6 „	23,6 „	23,7 „
Fe_2O_3	5,2 „	6,2 „	1,5(+Al_2O_3)	0,7(+Al_2O_3)	4,3(+Al_2O_3)
Mn_2O_3	10,4 „	12,4 „	10,4 „	12,4 „	15,9 „
P_2O_5	37,9 „	17,4 „	19,7 „	38,7 „	24,0 „
SO_3	86,2 „	32,3 „	45,2 „	32,1 „	20,7 „

[1]) Comptes Rendus, 1857, p. 693 (Цитирую по Слёзкину „Этюды о гумусѣ“, стр. 68).

[2]) „Forstchemische und pflanzenphysiologische Untersuchungen“. Dresden 1878; S. 94 и слѣд.

Такимъ образомъ, на основаніи этихъ данныхъ *I. Schröder'a*,—мы приходимъ къ заключенію, что чистая вода выщелачиваетъ изъ различныхъ растительныхъ остатковъ больше всего K_2O, SO_3, MgO и P_2O_5, далѣе слѣдуетъ Mn_2O_3; слабѣе же всего выщелачивается CaO и Fe_2O_3. Наконецъ—въ самыхъ ничтожныхъ количествахъ вымывается SiO_2. Такъ, въ опытахъ съ еловой подстилкой послѣдній матеріалъ заключалъ въ 10000 gr. воздушно-сухого вещества--1056 gr. SiO_2, изъ каковаго количества въ водный растворъ перешло лишь 0,94 gr. Въ опытахъ съ сосновой подстилкой въ 10000 gr. воздушно-сухого вещества заключалось SiO_2—463,64 gr.; въ водный же растворъ перешло всего 0,46 gr.

Относительно CaO и MgO авторъ прибавляетъ, что съ развитіемъ процессовъ разложенія матеріала выдѣляющаяся CO_2, растворяясь въ водѣ, будетъ способствовать выщелачиванію этихъ соединеній въ значительно бо́льшихъ количествахъ [1]). Однако, въ природѣ, при естественныхъ условіяхъ, согласно *I. Schröder*'у, мы не встрѣтимся съ такими высокими цифрами вымыванія, такъ какъ во всѣхъ опытахъ цитируемаго автора вода бралась въ большомъ избыткѣ (напримѣръ, на 500 gr. сухого вещества — 4 литра воды, на 200 gr. — 3 литра, на 50 gr.—1,5 литра, на 50 gr. — 1 литръ), чего въ природѣ мы, согласно автору, почти никогда не встрѣчаемъ.

Мы увидимъ, однако, нѣсколько ниже, что въ спеціальныхъ опытахъ *проф. Слезкина* количество взятой воды, оказывается, играло очень малую роль и все, что можетъ быть взято изъ свѣжаго вещества водою, то бралось уже небольшимъ количествомъ ея [2]). Такимъ образомъ, — не надо ни уподобленія болоту, ни какихъ-либо особыхъ (напримѣръ, тропическихъ) ливней для того, чтобы атмосферными осадками вымывалось изъ свѣжаго растительнаго матеріала, при естественныхъ усло-

[1]) l. c., s. 99.

[2]) Этюды о гумусѣ, 1900, стр. 70.

віяхъ, весьма значительное количество различныхъ зольныхъ соединеній. Въ этомъ, впрочемъ, мы убѣждаемся и изъ наблюденій *O. Kellner*'а [1]), цитируемыхъ въ своей-же работѣ Schröder'омъ, а именно: второй укосъ люцерны былъ снятъ 27-го іюля. Часть травы была немедленно собрана подъ крышу и высушена тамъ; другая часть оставалась на полѣ до 31-го іюля. За эти четыре дня растительная масса подверглась одинъ разъ легкому дождю (27-го іюля вечеромъ), другой—довольно сильному (28-го іюля).

Послѣдующій анализъ показалъ, что дожди эти выщелочили слѣдующія количества зольныхъ составныхъ частей люцерноваго сѣна:

K_2O	13,9%
CaO	15,3 „
P_2O_5	20,2 „
SO_3	21,1 „

Процентный-же общій составъ обѣихъ пробъ сѣна былъ слѣдующій:

	Сѣно, укрытое подъ крышей.	Сѣно, подвергшееся дождю.
Протеина	**17,00%**	**14,94%**
Клѣтчатки	31,81 „	33, 9 „
Безазот. экстр. вещ. . .	43, 8 „	44,22 „
Золы	**7,39** „	**6,94** „

Такія крупныя потери претерпѣла свѣжая растительная масса лишь отъ двукратнаго дождя (изъ которыхъ одинъ былъ слабый).

Аналогичные результаты получены были также *Brunner*'омъ [2]).

По его наблюденіямъ—клеверное сѣно, испытавшее на себѣ растворяющее дѣйствіе дождя, заключало всего 14,02% протеина

[1]) *Schröder*, l. c., s. 101.
[2]) *Schröder*, l. c., s. 102.

и золы—5,72%, тогда какъ соотвѣтствующія цифры у сѣна, неподвергавшагося дѣйствію дождя были—17,05% и 6,62%.

На эти потери отъ дождя по отношенію къ свѣжему клеверному и луговому сѣну указываетъ также *Wolff* [1]). Авторъ этотъ приводитъ примѣръ, что въ Möckern'ѣ было изслѣдовано два образца клевернаго сѣна, одновременно скошеннаго; первый образецъ былъ быстро высушенъ, другой-же, развѣшанный на козлахъ, 14 дней подвергался почти ежедневному дождю. Изслѣдованіе это показало, что выщелачиваніе бѣлка достигало въ этомъ случаѣ 3,8%, безазотистыхъ экстрактивныхъ веществъ—20,6% и золы—3,0%; общая потеря, слѣдовательно, выражалась 27,4%.

О весьма значительныхъ потеряхъ по отношенію и къ органическимъ, и зольнымъ соединеніямъ, претерпѣваемыхъ свѣжими растительными матеріалами, сообщаетъ далѣе *Габерландтъ* [2]), *Эммермингъ* [3]), *Эйглингъ* [4]), *Сестини* [5]) и др.

Спеціальные опыты, въ широкомъ масштабѣ, надъ изученіемъ растворяющагося дѣйствія воды на растительные матеріалы, не подвергавшіеся еще процессамъ разложенія, были произведены *Ramann*'омъ [6]).

Работая съ отмершими листьями бука и дуба, упомянутый авторъ подходилъ къ рѣшенію того-же вопроса двоякимъ путемъ. *Съ одной стороны* — *Ramann* непосредственно анализировалъ водный растворъ вышеуказанныхъ растительныхъ матеріаловъ, причемъ растворъ этотъ получался помощью выщелачиванія листьевъ большимъ количествомъ дистиллированной

---

[1]) Die rationelle Fütterung, 1874, s. 116—117.

[2]) Общее С. Х. Растеніеводство, 1880, стр. 32—33.

[3]) „Сел. Хоз. и Лѣсов.“ 1891, стр. 89 и слѣд. (Обзоръ заграничной литературы).

[4]) *Слезкинъ*, l. c., стр. 68.

[5]) Id., стр. 54.

[6]) „Die Einwirkung von Wasser auf Buchen—und Eichenstreu“, 1887; также „Bodenkunde“, s. 358—359; „Die Waldstreu“... etc., s. 34—35.

воды, а также дѣйствіемъ на эти матеріалы атмосферныхъ осадковъ (въ особыхъ цилиндрахъ). Въ послѣднемъ случаѣ, такимъ образомъ, постановка опыта приближалась къ естественнымъ условіямъ, наблюдаемымъ въ природѣ, но вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо указать, что автору при этомъ несомнѣнно пришлось имѣть дѣло, собственно говоря, уже съ начавшимися процессами разложенія служившихъ для опыта растительныхъ объектовъ (особенно — принимая во вниманіе продолжительность этихъ опытовъ). *Съ другой стороны* — авторъ анализировалъ отмершіе листья, еще не спавшіе съ деревьевъ, осенью и весной (извѣстно, что нѣкоторые виды древесныхъ породъ теряютъ свою листву лишь весной). Такимъ образомъ,—сравнивая составъ листвы осенью и весной, *Ramann* рѣшалъ, какія вещества и въ какихъ количествахъ были вымыты изъ листьевъ атмосферными осадками, выпавшими втеченіе осени и зимы.

Хотя цитируемый авторъ и замѣтилъ значительно болѣе слабое растворяющее дѣйствіе атмосферныхъ осадковъ на составныя части золы растительныхъ остатковъ по сравненію съ дистиллированной водой, искусственно приводимой въ соприкосновеніе съ листьями, тѣмъ не менѣе, съ качественной стороны, результаты во всѣхъ случаяхъ получены были вполнѣ аналогичные и притомъ вполнѣ подтверждающіе выводы *Schröder*'а: констатировано было энергичное вымываніе калія, магнезіи, фосфорной и сѣрной кислоты (а также и Fe_2O_3) и слабое выщелачиваніе извести.

Изложенныя изслѣдованія *Schröder*'а, *Ramann*'а и др. касаются, такимъ образомъ, лишь вопроса, какія вещества и въ какихъ количествахъ выщелачиваются водой изъ нѣкоторыхъ растительныхъ матеріаловъ, причемъ процессъ этотъ изучается почти исключительно въ одной лишь стадіи, безъ обращенія вниманія на вліяніе различныхъ степеней разложенности взятаго матеріала, на вліяніе различныхъ внѣшнихъ и внутреннихъ причинъ (t^0, влажности, химической конституціи разла-

гающагося матеріала и пр.) и т. д. Кромѣ того, всѣ эти изслѣдованія нисколько не касаются и другихъ, не менѣе интересныхъ и важныхъ вопросовъ, а именно: какова дальнѣйшая судьба этихъ выщелоченныхъ продуктовь въ почвѣ, каково ихъ значеніе для физическихъ и химическихъ процессовъ послѣдней и т. п.

Нѣкоторыя, хотя и незначительныя, данныя, касающіяся именно послѣдняго вопроса, т.-е., дальнѣйшей судьбы въ почвѣ выщелоченныхъ продуктовъ изъ свѣжаго растительнаго матеріала, мы имѣемъ въ работѣ *И. Леваковскаго* [1]), которая собственно преслѣдовала свою болѣе спеціальную цѣль, а именно—изученіе источниковъ, дающихъ начало веществамъ почвеннаго гумуса.

Упомянутая работа была вызвана, между прочимъ, извѣстнымъ споромъ между *Докучаевымъ* [2]) и *Костычевымъ* [3]), касающимся (споромъ) возможности просачиванія гумусовыхъ веществъ въ почву, и была произведена съ цѣлью доказать, что для такого просачиванія нѣтъ необходимости искать въ почвѣ спеціальнаго щелочного растворителя для перегноя (Костычевъ), а что органическія вещества, выщелачиваемыя уже простой водой изъ растительныхъ отмершихъ остатковъ, еще и не подвергавшихся процессамъ разложенія—могутъ свободно просачиваться на извѣстную глубину въ почву и тамъ позднѣе, подвергаясь длинному ряду различныхъ химическихъ превращеній, давать начало именно темноцвѣтнымъ веществамъ гумуса.

Необходимо однако оговориться, что Леваковскій, въ своихъ опытахъ совершенно не подвергалъ анализу получаемыя водныя вытяжки изъ растительныхъ матеріаловъ и совершенно

---

[1]) „Нѣкоторыя дополненія къ изслѣдованію надъ черноземомъ" (Тр. Общ. Испыт. Природы при Харьковск. Унив. 1888, Т. XXII).

[2]) „Русскій Черноземъ", стр. 307.

[3]) „Почвы Черноз. Области Россіи", гл. VIII.

игнорировалъ въ этихъ вытяжкахъ зольныя вещества, касаясь лишь органическихъ (которыя, правда, сообразно съ поставленной авторомъ задачей, лишь и интересовали его).

Чтобы получить понятіе о самомъ началѣ процесса гумификаціи растворимыхъ въ водѣ веществъ, получаемыхъ путемъ выщелачиванія изъ растительныхъ остатковъ — *Леваковскій* приготовлялъ водныя вытяжки изъ свѣжей ржаной соломы, а также изъ трухлой древесины орѣшины (изъ стараго плетня). Въ растворѣ изъ соломы, имѣвшемъ желтоватый цвѣтъ и въ растворѣ изъ древесины орѣшины, имѣвшемъ цвѣтъ крѣпкаго чая—съ теченіемъ времени образуется на поверхности какое-то нерастворимое соединеніе въ видѣ пленки, которая, все болѣе увеличиваясь, опускается, наконецъ, на дно сосуда и ложится тамъ въ видѣ клочковатаго осадка, принимающаго послѣ фильтрованія и высыханія темнобурую, гумусообразную массу. Далѣе—*Леваковскій* констатировалъ, что прибавленіе къ упомянутымъ выше растворамъ *солей глинозема* и *окиси желѣза* (а также мѣди) даетъ нерастворимый осадокъ бѣлаго студенистаго вида, который (осадокъ) при всплываніи на верхъ и при соприкосновеніи съ воздухомъ, темнѣетъ, бурѣетъ, а пролежавши нѣсколько мѣсяцевъ во влажномъ помѣщеніи дѣлается совершенно темнобурымъ.

Эту именно способность нѣкоторой части органическихъ веществъ, извлекаемыхъ водою изъ растительныхъ остатковъ давать нерастворимыя соединенія съ солями глинозема и окиси желѣза—авторъ считаетъ крайне важнымъ условіемъ въ способѣ образованія чернозема и въ распредѣленіи въ немъ по различнымъ горизонтамъ перегноя. Основываясь на томъ, что получающіяся глиноземно — и желѣзоорганическія соединенія имѣютъ первоначально бѣлый цвѣтъ, а потомъ, спустя нѣкоторое время, бурѣютъ и темнѣютъ, *Леваковскій* и предполагалъ, что именно такія органическія вещества, извлекаемыя атмосферною водою даже и изъ свѣжихъ растительныхъ остатковъ,

соединившись химически съ глиноземомъ и окисью желѣза и представляютъ собой тотъ матеріалъ, изъ котораго образуются темноцвѣтныя соединенія гумуса въ почвѣ. Подтвержденіе этому взгляду *Леваковскій* видитъ, между прочимъ, въ томъ фактѣ, что богатство чернозема перегнойными веществами связано, повидимому, съ обильнымъ содержаніемъ въ немъ глинозема и окиси желѣза.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, обративъ вниманіе на то, что и содержаніе *извести* является, согласно анализамъ *Докучаева* и *Шмидта*, постоянною составною частью чернозема, какъ самаго почвеннаго горизонта, такъ и материнской породы, подстилающей его,—*Леваковскій* заключилъ, что известь эта также играетъ не случайную роль въ образованіи перегноя. Основываясь на анализахъ *Шмидта*, что въ черноземахъ бо̀льшая часть извести, извлекаемой холодной соляной кислотой, находится, также какъ и глиноземъ и окись желѣза, въ соединеніи съ перегнойными веществами, и что соединеніе это растворимо, хотя и трудно, въ углекислой водѣ и, приведя свой опытъ съ кусочкомъ мѣла, черезъ который снизу вверхъ просачивался водный настой свѣжей соломы, пріобрѣтавшій на поверхности куска мѣла темнобурую, гумусообразную окраску—цитируемый авторъ и приходитъ къ заключенію, что *известь*, вступая въ соединеніе не съ готовымъ уже перегноемъ, а со свѣжимъ воднымъ растворомъ органическаго вещества,—*служитъ проводникомъ ихъ въ глубину — въ противоположность*, такимъ образомъ, *дѣйствію, производимому окисями* Al и Fe.

Для нашей задачи представляютъ слѣдовательно интересъ, хотя и косвенный, три главнѣйшія положенія, устанавливаемыя работой *Леваковскаго*: во 1-хъ) что вода въ состояніи извлекать изъ отмершихъ, но не испытавшихъ еще на себѣ процессовъ разложенія, растительныхъ остатковъ, нѣкоторое количество *органическихъ* соединеній (такъ, напр., луговое сѣно, согласно Леваковскому, содержитъ въ себѣ около 40% раство-

римыхъ въ водѣ безазотистыхъ веществъ; растворимыхъ въ водѣ *минеральныхъ* соединеній авторъ въ своей работѣ, какъ я и указалъ выше, не касается); во 2-хъ), что эти выщелоченныя водой органическія вещества даютъ съ известью почвы растворимыя, удобоподвижныя соединенія и въ 3-хъ), что эти выщелоченныя вещества, встрѣчая въ почвѣ соли глинозема и окиси желѣза, превращаются въ нерастворимыя соединенія, закрѣпляются въ почвѣ и служатъ въ ней источникомъ гумусовыхъ темноцвѣтныхъ образованій.

Я не останавливаюсь на изслѣдованіяхъ *Hoppe-Seyler*'а [1]), который почти одновременно работалъ въ этой области съ *Леваковскимъ* и работы котораго касаются еще болѣе спеціальнаго вопроса, изъ какихъ составныхъ частей растеній образуются вещества гумуса и, такимъ образомъ, не имѣютъ прямого отношенія къ нашей задачѣ. Я перейду прямо къ работамъ *проф. Слезкина* [2]).

Основываясь на выводахъ Леваковскаго и Hoppe-Seyler'а, что продукты выщелачиванія атмосферной водой растительныхъ отмершихъ остатковъ и являются по преимуществу гумусообразователями, *Слезкинъ* прежде всего изслѣдовалъ, какое соотношеніе существуетъ между золой продуктовъ выщелачиванія и золой черной гумусовой вытяжки. Съ этой цѣлью было сдѣлано авторомъ нѣсколько анализовъ, матеріаломъ для которыхъ послужили водныя вытяжки сѣна и соломы на *разныхъ стадіяхъ разложенія*. Сравнительное распредѣленіе вещества вытяжекъ между осадкомъ отъ прибавленія соляной кислоты и растворомъ видно изъ слѣд. цифръ (стр. 53):

---

[1]) Zeitschr. für physiologische Chemie, 1889, XIII.
[2]) Этюды о гумусѣ, 1900. Кіевъ.

	Въ 1 литрѣ вытяжки сухого вещества.	Въ осадкѣ.		Въ растворѣ.	
	Въ грам	Въ грам.	Въ %	Въ грам.	Въ %
150 гр. сѣна.	3,9402	0,4830	12,3	3,4572	87,7
150 гр. соломы. . . .	2,0276	0,2324	11,4	1,7952	88,6
50 гр. долго разлагавш. сѣна	3,4486	0,8134	23,6	2,6352	76,4
50 гр. долго разлагавш. корней	5,0133	1,3906	27,7	3,6227	72,3
50 гр. еще дольше разлагавш. сѣна . . .	2,2976	1,2286	53,5	1,0690	46,5

Такимъ образомъ, вещество вытяжки остается преимущественно въ растворѣ. Сравнивая цифры для свѣжаго и разлагающагося матеріала, по приведеніи къ одному количеству матеріала, мы видимъ, что:

	Дали всего.	Въ осадкѣ.
50 гр. сѣна	1,3134	0,1610
50 „ соломы.	0,6759	0,0775
50 „ долго разлаг. сѣна . .	3,4486	0,8134
50 „ „ „ корней. .	5,0133	1,3906
50 „ еще дольше разлаг. сѣна.	2,2976	1,2286

На основаніи этихъ немногочисленныхъ цифръ авторъ приходитъ къ заключенію, что во 1-хъ) по мѣрѣ разложенія — густота вытяжки, какъ впрочемъ и слѣдовало предполагать, возрастаетъ, причемъ возрастаетъ вмѣстѣ съ тѣмъ абсолютно и относительно количество осаждаемое соляной кислотой, и во 2-хъ), что водная вытяжка изъ корней оказывается абсолютно богаче всѣхъ, равно какъ и осадокъ ея, что наводитъ

автора на мысль о бо̀льшемъ богатствѣ корневыхъ тканей выщелачиваемымъ веществомъ.

Сжиганіемъ полученныхъ продуктовъ опредѣлялась ихъ зола. Зольныя части распредѣляются, какъ оказывается, между осадкомъ и растворомъ также неравномѣрно, а именно:

	Все вещество выт.		Осадокъ.		Растворъ.		
	Въ гр.	Въ %	Въ гр.	Въ %	Въ гр.	Въ %	
Сѣно.	0,4490	19,6	0,0900	7,3	0,3580	33,5	(Продолж. разл.)
	0,4670	13,5	0,0715	8,8	0,3950	15,0	(Продолж. разл.)
Корни	0,4405	8,8	0,0840	6,0	0,3560	9,8	(Тоже.)
Сѣно.	1,3944	35,4	0,0088	1,8	1,3856	40,0	(Свѣжее).
Солома.	0,6570	32,4	Слѣды.	Слѣды.	0,6570	40,0	(Тоже).
Сѣно.	—	—	0,0370	3,7	—	—	
Сѣно.	—	—	0,0450	4,3	—	—	

Изъ этихъ данныхъ авторъ заключаетъ, что „вытяжки изъ свѣжаго матеріала даютъ бо̀льшее относительное содержаніе золы для всей вытяжки и для растворимой части, а осадокъ отличается бѣдностью золой. Вытяжка разлагающагося сѣна даетъ осадки съ большимъ % золы. При далеко подвинувшемся разложеніи, когда вытяжка принимаетъ темно-бурую окраску, осадокъ становится еще богаче золой. Относительно вытяжки корней интересно отмѣтить общую бѣдность золой и болѣе ровное распредѣленіе послѣдней между осадкомъ и растворомъ“... (l. c., стр. 55).

Для „нѣкотораго представленія“ о составѣ золы авторъ приводитъ слѣдующія цифры:

	SiO_2		Осадокъ отъ NH_3		P_2O_5		CaO		MgO		Хлор. щелочи	
	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.
Свѣжее сѣно . . .	3,5	—	12,7	—	17,5	—	8,5	—	7,3	—	50,3	—
„ солома. . .	0,6	—	28,3	—	2,1	—	1,2	—	2,1	—	60,0	—
Разлаг. сѣно . . .	16,9	40,7	10,9	28,0	13,0	27,0	13.8	—	5,6	6,4	33,8	—
Долго разлаг. сѣно	14,4	19,0	19,4	8,4	16.5	30,6	—	—	—	—	—	—
Долго разлаг. корни	22,8	88,5	28,3	10,8	15,5	Слѣды.	—	—	—	—	34,3	—

„Къ этимъ показаніямъ надо добавить. что въ составъ осадка отъ NH_3 входили лишь алюминій и фосфорная кислота. *Желѣза въ составѣ веществъ вытяжекъ совсѣмъ не было*“ [1]). (Послѣднее обстоятельство, какъ видимъ, совершенно расходится съ вышеприведенными данными Schröder’a и особенно Ramann’a). Что касается щелочей, то они присутствуютъ только въ золѣ растворимаго вещества, SiO_2 и P_2O_5 оказались больше въ осадкахъ, CaO—въ растворѣ.

Признавая вмѣстѣ съ Леваковскимъ и Hoppe-Seyler’омъ указанныя вещества за настоящихъ гумусообразователей — авторъ сопоставляетъ вышеприведенныя цифры съ цифрами состава золы черныхъ вытяжекъ почвы и находитъ, что „качественная разница въ составѣ осадковъ заключается въ желѣзѣ чернаго вещества, которое упорно остается въ осадкѣ при послѣдовательныхъ отщепленіяхъ растворимаго вещества. Въ количественномъ отношеніи есть сходство золы осадковъ въ видѣ преобладанія кремневой кислоты“ (стр. 56). На основаніи всѣхъ этихъ данныхъ авторъ и заключаетъ, что „зола гумуса (кромѣ желѣза) является дѣйствительно остаткомъ золы растенія и гумусообразователя“ и далѣе: „разница со-

[1]) Курсивъ автора.

става, заключающаяся въ присутствіи желѣза въ гумусѣ, можетъ быть объяснена только присоединеніемъ его извнѣ, изъ почвы".

Такимъ образомъ, если Hoppe-Seyler считалъ продукты воднаго выщелачиванія растительныхъ остатковъ настоящими гумусообразователями — на основаніи органическаго состава этихъ вытяжекъ, то *Слезкинъ* подходитъ къ тому же самому выводу на основаніи ихъ минеральнаго состава.

Данныя *проф. Слезкина*, при всемъ ихъ интересѣ, представляются однако крайне неполными и, какъ въ самой постановкѣ опытовъ, такъ и въ сдѣланныхъ авторомъ выводахъ— остается много неяснаго: какое бралось для опытовъ сѣно, ка́кая солома, какіе корни (и какъ послѣдніе отмывались отъ приставшихъ почвенныхъ частицъ)—вѣдь составъ золы всѣхъ этихъ матеріаловъ, какъ извѣстно, является крайне разнообразнымъ; съ чернымъ веществомъ гумуса какихъ почвъ эта зола сравнивалась — вѣдь составъ гумуса и его характеръ для различныхъ генетическихъ типовъ почвъ представляется также въ высшей степени разнообразнымъ и т. д.—все это вопросы, которые умаляютъ значеніе и убѣдительность выводовъ автора,— не говоря уже о томъ, что крайне затруднительнымъ представляется намъ базировать эти выводы на анализѣ одного сорта соломы, одного сорта сѣна, одного сорта корней и т. п.

Весьма интересными представляются для насъ тѣ наблюденія, которыя сдѣланы были *проф. Слезкинымъ* относительно дальнѣйшей судьбы въ почвѣ просочившагося воднаго настоя изъ растительныхъ матеріаловъ. Были взяты пластинки чистаго тонкаго стекла, размѣромъ 8 и 10 сант.; между пластинками проложены съ трехъ сторонъ квадратнаго сѣченія полоски гуттаперчи и пластинки плотно сжаты гуттаперчевыми же кольцами. Такой сосудикъ съ прозоромъ въ $^{3}/_{4}$ сант. свободно укладывался на предметномъ столикѣ, что давало возможность наблюдать, при извѣстномъ увеличеніи происходящее въ средѣ

между пластинками. Оставляя въ сторонѣ микроскопическія изслѣдованія надъ распространеніемъ плѣсневыхъ грибковъ и пр.—я остановлюсь только на тѣхъ данныхъ, которыя получены были авторомъ въ опытахъ съ лессомъ и которыя нѣсколько касаются химизма взаимодѣйствія съ нимъ просачивающихся продуктовъ выщелачиванія. Замѣтивъ, что плѣсневая грибница развивается въ лессѣ слабо, но очень своеобразно по сравненію съ другими породами, а именно — отдѣльными гнѣздами, и подозрѣвая здѣсь участіе $CaCO_3$ — существенной составной части лесса — авторъ произвелъ соотвѣтствующіе опыты (работая въ одномъ случаѣ съ неизмѣненнымъ лессомъ, въ другомъ—отмывая изъ него углекислую известь кислотою) и пришелъ къ убѣжденію, что органическія вытяжки, встрѣчая въ средѣ, въ которую просачиваются, углекислую известь, соединяются съ ней, осѣдаютъ на ея частицахъ, пропитывая и связывая вмѣстѣ съ тѣмъ и иловатую часть почвы [1]). При этомъ—органическое вещество переходитъ изъ растворимаго и отчасти коллоидальнаго состоянія въ свернутое, нерастворимое. Въ такомъ соединеніи органическое вещество и сохраняется въ почвѣ и, по мѣрѣ медленнаго окисленія, принимаетъ видъ и составъ нерастворимаго почвеннаго гумуса. Другими словами,—*известь является*, согласно автору, *необходимымъ факторомъ для закрѣпленія и сохраненія гумуса* и что постепенное обѣднѣніе почвенныхъ горизонтовъ известью — путемъ ея постояннаго растворенія и выщелачиванія—можетъ повести къ исчезновенію изъ этихъ горизонтовъ гумуса и „къ естественной смерти черноземныхъ образованій“. Какъ видимъ—выводъ, прямо противоположный выводу Леваковскаго (см. стр. 22 и 23) [2]). Что касается того вопроса, каково происхожденіе

[1]) Остается неяснымъ, какую кислоту и какой концентраціи бралъ авторъ; быть можетъ при этой обработкѣ отмывалась и часть Al и Fe?

[2]) Въ почвовѣдѣніи можно считать установившимся взглядъ на известь, какъ на охранительное начало въ почвѣ перегноя. Вспомнимъ, напримѣръ,

въ органическомъ веществѣ почвы желѣза, котораго нѣтъ, какъ показали анализы автора, въ гумусообразователяхъ, то, оставляя окончательное рѣшеніе этого вопроса болѣе или менѣе открытымъ и требующимъ болѣе детальныхъ изслѣдованій, авторъ предполагаетъ пока, что желѣзо это получается извнѣ, изъ почвы, и что это взаимодѣйствіе органическаго вещества съ желѣзистыми соединеніями почвы, въ водѣ нерастворимыми, происходитъ крайне медленно и постепенно, когда органическое вещество уже осядетъ отъ вліянія извести и пропитаетъ, осаждаясь, иловатую, содержащую желѣзныя соединенія, часть почвы (стр. 87 и 89). Въ виду этого, авторъ отказывается приписать желѣзу въ почвѣ ту же роль, какая принадлежитъ извести. Вспомнимъ, что Леваковскій утверждалъ какъ разъ обратное (см. стр. 22).

Такимъ образомъ, мы видимъ, что и въ сферѣ изученія процессовъ взаимодѣйствія съ почвой просачивающихся растворимыхъ продуктовъ изъ растительныхъ матеріаловъ, остается до сихъ поръ очень много неяснаго и даже противорѣчиваго.

Нѣкоторыя указанія относительно судьбы, претерпѣваемой въ почвѣ *растворимыми веществами гумуса*—гл. обр. *кренатами* (что, правда, не представляетъ непосредственнаго интереса для нашей задачи) мы имѣемъ далѣе въ работахъ *г. Высоцкаго* [1]). По мнѣнію цитируемаго автора—эти растворимыя вещества гумуса, попадая съ водою въ подпочву, періодически вмываются до нижнихъ предѣловъ „живого“ слоя, гдѣ происходитъ ихъ нѣкоторое скопленіе и превращеніе, вслѣдствіе недостатка аэраціи, въ менѣе окисленныя и болѣе

тѣсную связь черноземныхъ почвъ съ материнскими породами, богатыми известью, образованіе подъ лѣсомъ рендзинъ и боровинъ (именно — на известнякахъ) и т. п. Ср. данныя *Hilgard*'а (Forsch. auf. d. Gebiete der Agr. physik., 1892, s. 400), *Ramann*'а („Organogene Ablagerungen der Jetzteit“). *Suzuki*. Bied. Centralbl. 1908, V и др.

[1]) Цѣлый рядъ статей въ „Почвовѣдѣніи“ (1899, I; 1901, III и др.). Также въ „Трудахъ Опытныхъ Лѣсничествъ“.

темноцвѣтныя соединенія — гуматы. Этимъ процессомъ, какъ извѣстно, авторъ объясняетъ образованіе въ степныхъ почвахъ на нѣкоторой глубинѣ (3—4 метра) такъ назыв. „второго гумусоваго горизонта", а, сопоставляя это явленіе съ явленіемъ своеобразнаго распредѣленія на извѣстныхъ глубинахъ въ тѣхъ же почвахъ $CaSO_4$, $CaCO_3$ и пр. — авторъ, какъ извѣстно, создалъ свою гипотезу и вообще объ *иллювіальныхъ процессахъ* въ почвѣ.

Къ выясненію судьбы, претерпѣваемой въ почвѣ растворимыми *органическими же* кислотами гумуса (гуминовой, креновой и апокреновой) направлены также и всѣ тѣ работы, которыми въ настоящее время освѣщается намъ нѣсколько *подзолообразовательный процессъ* [1]) и которыя опять-таки не имѣютъ прямого отношенія къ интересующему насъ сейчасъ вопросу.

Въ 1905 г. мною была опубликована работа [2]), произведенная въ лабораторіи проф. *Ramann'a*, которая имѣла своею задачею—съ одной стороны повторить вышеизложенные опыты *Schröder'a* и *Ramann'a* съ растворяющимъ дѣйствіемъ дистиллированной воды на свѣжіе растительные остатки, съ другой—прослѣдить въ самыхъ пока общихъ чертахъ судьбу нѣкоторыхъ вымытыхъ веществъ въ почвѣ. (Въ болѣе широкомъ масштабѣ опыты эти были произведены мною позднѣе; результаты этихъ опытовъ и послужатъ предметомъ изложенія послѣдующихъ главъ).

Съ указанными цѣлями взято было 3 металлическихъ цилиндрической формы сосуда.

---

[1]) Литературу см. стр. 7; также—работы Ramann'a, („Der Ortstein und ähnliche Secundärbildungen in den Diluvial u. Aluvialsanden", „Über Bildung und Cultur des Ortsteins"; „Die Waldstreu"... etc. (Id.—Bodenkunde).

[2]) „О водныхъ растворахъ минеральныхъ составныхъ частей растительныхъ остатковъ"... etc. („Журн. Оп. Агр." 1905, III; также въ „Journal für Landwirthschaft" за тотъ же годъ).

Первый сосудъ состоялъ изъ четырехъ отдѣльныхъ частей, входящихъ другъ въ друга; верхняя часть была вышиной въ 15 сант., три нижнихъ части по 4 сант. каждая. Діаметръ всѣхъ частей = 15 с. Въ верхнюю часть сосуда были насыпаны измельченные воздушно-сухіе листья дуба въ количествѣ 190 грам. Послѣдніе были уложены въ верхней части сосуда такъ, что они занимали собой слой вышиной въ 12 с. Въ трехъ нижнихъ частяхъ сосуда находились три отдѣльныхъ слоя почвы. Всѣ части описываемаго сосуда были раздѣлены между собой металлическими сѣтками, на которыя были положены круглые куски плоеной фильтровальной бумаги. Почва была взята очень бѣдная гумусомъ и минеральными составными частями (мергелистый песокъ изъ подъ сосноваго лѣса). Въ каждой изъ трехъ нижнихъ частей описываемаго сосуда находилось по 435 грам. почвы, занимавшей слой вышиной въ 4 с. Такимъ образомъ, подъ листьями, занимавшими 12 сантиметровый слой, находилась почва въ количествѣ 1305 грам. занимавшая собой слой также въ 12 с. (три слоя по 4 с. вышиной). Подъ всѣмъ описаннымъ комбинированнымъ приборомъ помѣщенъ былъ большой стеклянный стаканъ для собиранія стекающей жидкости.

Второй сосудъ представлялъ собой лишь верхнюю часть предыдущаго прибора. Въ немъ находились одни листья—въ томъ же количествѣ (190 грам.), занимавшіе собой слой той же вышины (12 с.). Подъ сосудомъ стеклянный стаканъ для стекающей жидкости.

Третій сосудъ былъ наполненъ одной почвой и представлялъ собой три нижнія части перваго прибора—такого же діаметра и вышины. Почвы было взято въ каждомъ слоѣ опять по 435 грам. Подъ сосудомъ—стаканъ для стекающей жидкости.

Анализы листьевъ, почвы и стекающихъ жидкостей во всѣхъ сосудахъ давали возможность, такимъ образомъ, приблизиться одновременно къ рѣшенію трехъ вопросовъ:

a) какія вещества и въ какихъ количествахъ вымываются изъ растительныхъ остатковъ;

b) какія вещества и въ какихъ количествахъ поглощены были данной почвой;

и c) какія вещества и въ какихъ количествахъ были вымыты изъ данной почвы притекающимъ сверху воднымъ растворомъ изъ растительныхъ остатковъ.

Приливаніе воды во всѣ описанные сосуды совершалось ежедневно въ количествѣ 100 c. (приблизительно по 15 c. каждый часъ); равномѣрное распредѣленіе воды достигалось помощью пульверизатора. Просачиваніе жидкости началось въ сосудѣ № 2 (содержащемъ одни листья) уже на 8-й день отъ начала опыта; въ сосудѣ № III (содержащемъ одну почву)—на 15-й день, и, наконецъ въ сосудѣ № 1 (содержащемъ листья и почву)—на 26-й день. Въ концѣ опыта воды приливалось тройное количество (300 c. ежедневно), чтобы получить возможно больше стекающей жидкости. Послѣдняя передъ анализомъ фильтровалась. Изъ всего сказаннаго однако вытекаетъ, что мнѣ пришлось имѣть дѣло съ водными растворами несомѣнно уже начавшихъ разлагаться растительныхъ остатковъ; предположеніе это подтверждается и тѣмъ, что реакція стекающей жидкости въ сосудѣ 2 была явно—кислая (присутствіе органическихъ кислотъ). Такимъ образомъ,—первая стадія растворяющаго дѣйствія воды на *свѣжіе* растительные остатки оказалась мной въ цитированной работѣ не изученной.

И такъ, *какія вещества*, и *въ какихъ количествахъ вымыты были водой изъ размельченныхъ листьевъ дуба?*

На этотъ вопросъ мы получаемъ отвѣтъ путемъ сравненія анализовъ золы взятыхъ листьевъ и анализа стекающей жидкости въ сосудѣ № II. Такимъ образомъ, количество вещества, перешедшаго въ водный растворъ, выражается въ слѣдующихъ цифрахъ [1]:

[1]) l. c., стр. 306.

	%
SiO_2	1,14
K_2O	11,05
Na_2O	0,32
CaO	0,65
MgO	8,06
P_2O_5	12,52
Fe_2O_3	8,04
Mn_3O_4.	3,55
SO_3	18,78
N	2,75

Изъ этой таблицы мы видимъ, что результаты, полученные мною, находятся въ общемъ въ полномъ соотвѣтствіи съ данными *Schröder*'а и *Ramann*'а: сильное вымываніе сѣрной кислоты, кали, магнезіи, фосфорной кислоты и весьма незначительное вымываніе кальція и кремневой кислоты. Что касается желѣза, то въ растворъ его перешло 8,04% (У Ramann'а даже—24,4%). Припомнимъ, что г. Слёзкинъ совсѣмъ не находилъ желѣза въ водныхъ вытяжкахъ изъ различныхъ растительныхъ остатковъ (см. выше стр. 25). Мнѣ кажется однако, что отсутствіе въ этихъ вытяжкахъ соединеній желѣза является вопросомъ лишь времени: по мѣрѣ распада органическаго вещества „минерализація“ неизбѣжно должна коснуться рано или поздно и этихъ соединеній желѣза, не говоря уже про растворяющее дѣйствіе могущихъ образоваться, при самыхъ процессахъ этого распада, различныхъ органическихъ и минеральныхъ кислотъ [1]). Такимъ образомъ, положеніе проф. *Слезкина*, что присутствіе въ гумусѣ желѣза есть результатъ присоединенія его извнѣ, изъ почвы, едвали можетъ быть принято въ полномъ его объемѣ.

---

[1]) Объ этомъ нѣсколько подробнѣй см. ниже.

Теперь посмотримъ, *какія изъ выщелоченныхъ водой веществъ поглощены данной почвой и въ какихъ количествахъ.*

Не приводя механическаго и химическаго состава взятой почвы [1]) я укажу только, что непосредственный анализъ показалъ (способомъ взбалтыванія съ растворомъ NH_4Cl), что поглотительная способность этой почвы къ NH_3 выражается довольно низкой цифрой въ 19,57% (въ соотвѣтствіи съ бѣдностью ея гумусомъ и минеральными веществами). Такая бѣдная почва была взята мною умышленно, чтобы по возможности упростить въ первое время изучаемые процессы.

Если предположить, что изъ воднаго раствора растительныхъ остатковъ почвой не было поглощено ничего, и что, съ другой стороны, упомянутый растворъ выщелочилъ въ сосудѣ № 1 изъ почвы лишь то, что можетъ вымыть изъ нея чистая вода, то цифры анализа стекающей жидкости въ этомъ сосудѣ должны совпадать съ цифрами, выражающими сумму веществъ въ стекающихъ жидкостяхъ сосудовъ № II и № III. Отклоненія въ ту или другую сторону должны показать, въ какомъ направленіи пошли процессы поглощенія, или наоборотъ, выщелачиванія.

Разсматривая всѣ эти цифры [2]) я и нашелъ, что даже такая бѣдная почва, какъ взятая для описываемыхъ опытовъ, поглотила изъ притекающаго раствора 57,61% калія, 68,55% фосфорной кислоты, 37,83% магнезіи и 47,19 % органическихъ веществъ.

Относительно послѣднихъ—мною тогда-же было указано, что эти вещества не представляли какого-либо тѣснаго соединенія въ почвѣ. Дѣйствительно, промывая эту послѣднюю (взятую изъ 1 слоя) на фильтрѣ втеченіе 4 дней дистиллированной водой, я замѣтилъ, что почва снова потеряла свою темную окраску. Такимъ образомъ—бо́льшая часть органическихъ ве-

[1]) l. c. стр. 308.
[2]) l. c., стр. 310.

ществъ задерживалась въ почвѣ лишь въ силу влагоемкости ея, хотя нѣкоторое увеличеніе органическаго вещества въ почвѣ, очень незначительное, все же осталось и слѣдовательно, вошло тамъ въ болѣе тѣсное съ ней соединеніе.

Я считаю необходимымъ теперь-же однако указать, что *аналогичное-же соображеніе должно быть высказано и по отношенію къ вышеупомянутымъ зольнымъ соединеніямъ*. Мои дальнѣйшіе въ этомъ направленіи опыты (см. ниже) заставляютъ дѣйствительно предполагать, что и въ данномъ случаѣ я имѣлъ дѣло, въ сущности говоря, не съ явленіями поглощенія въ тѣсномъ смыслѣ этого слова, а съ явленіемъ, обусловливаемымъ въ значитальной степени влагоемкостью почвенной массы.

Наконецъ, относительно *третьяго* вопроса, *какія вещества были вымыты изъ почвы воднымъ растворомъ изъ растительныхъ остатковъ*—анализъ показалъ, что извести *увеличилось* въ стекающей жидкости сосуда № I на 0,0757 гр., сѣрной кислоты—на 0,1643 гр. Причины этого явленія мною усматривались въ двухъ фактахъ: съ одной стороны въ томъ, что процессъ поглощенія въ почвѣ представляетъ собой, въ большинствѣ случаевъ, реакцію обмѣннаго разложенія: на мѣсто поглощеннаго почвой основанія—въ растворѣ, проходящемъ черезъ почву, констатируется обычно известь. Съ другой стороны указывалось на растворяющее дѣйствіе тѣхъ кислотъ, которыя находились въ водной вытяжкѣ изъ листвы,—такъ какъ извѣстно, что гуминовыя кислоты способны разлагать соли многихъ минеральныхъ кислотъ, поглощая ихъ основанія и освобождая кислоту.

Нѣсколько позже мною была опубликована вторая, относящаяся къ разсматриваемому вопросу, работа [1]), въ которой изучались два болѣе частныхъ случая, а именно: а) вліяніе

---

[1]) „О растворимыхъ въ водѣ продуктахъ разложенія органическихъ веществъ“ (Матеріалы по изученію русскихъ почвъ, вып. XVII).

различной t° разлагающагося матеріала на количество получающихся при этомъ разложеніи растворимыхъ въ водѣ продуктовъ, и b) вліяніе на этотъ же процессъ примѣси къ разлагающемуся матеріалу $CaCO_3$.

I. Для выясненія перваго вопроса, въ металлическіе сосуды цилиндрической формы (15 с. діам. и 21 с. высоты), затянутые снизу металлическими же сѣтками (на которыя были помѣщены круглые куски плоеной бумаги) помѣщалось по 150 gr. воздушно-сухого измельченнаго матеріала: *луговою сѣна*, *овсяной соломы* и *осиновыхъ листьевъ*. Опыты продолжались 25 дней. Матеріалы поддерживались во влажномъ состояніи. Одни изъ описанныхъ сосудовъ помѣщались въ лабораторіи (гдѣ t° воздуха колебалась отъ 17,7° до 20,7° С), другіе, между оконными рамами (гдѣ t° колебалась отъ —2,3° до +3,7°) и третьи въ тепломъ мѣстѣ (гдѣ t° колебалась отъ 22,0° до 27,7° С) [2]).

Первоначально 150 gr. каждаго изъ упомянутыхъ матеріаловъ были промыты литромъ дистиллированной воды и просочившійся растворъ былъ изслѣдованъ съ цѣлью узнать, какія вещества и въ какихъ количествахъ выщелочены были водой изъ *неподвергавшихся еще разложенію растительныхъ остатковъ* [1]).

Выражая полученныя цифры въ %, получимъ:

Водой вымыто:	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	P_2O_5	K_2O+Na_2O
Изъ лугового сѣна	0,41%	0,05%	0,04%	3,15%	4,44%
„ овсяной соломы . . .	0,24 „	0,08 „	0,03 „	2,43 „	1,13 „
„ осинов. листьевъ. . .	0,88 „	0,25 „	0,79 „	8,12 „	9,10 „

[1]) t° во всѣхъ случаяхъ измѣрялось по три раза ежедневно (7 ч. у. 1 ч. дня и 9 ч. веч.).

[2]) Полнаго анализа золы изслѣдуемыхъ матеріаловъ, а также и просочившихся растворовъ произведено не было. Главное вниманіе обращено было на вещества трудно—вымываемыя (согласно работамъ Schröder'a, Ramann'a и др.).

Уже и эти немногочисленныя цифры показываютъ намъ, какъ *различенъ составъ* водныхъ растворовъ, получаемыхъ изъ *различныхъ* растительныхъ матеріаловъ. Обстоятельство это еще лишній разъ подчеркиваетъ намъ настоятельную необходимость изученія водныхъ растворовъ возможно болѣе разнообразныхъ растительныхъ матеріаловъ. Не забудемъ, что эти растворы, благодаря своей удобоподвижности, принимаютъ одно изъ наиболѣе дѣятельныхъ участій во всѣхъ жизненныхъ функціяхъ почвы, и съ этой точки зрѣнія является крайне важнымъ выяснить значеніе и роль различныхъ растительныхъ формацій—вопросъ, на который до сихъ поръ не обращалось должнаго вниманія и который, въ силу этого, является до настоящаго времени совершенно неразработаннымъ.

Относительно теперь того, въ какихъ количествахъ перешли въ водный растворъ указанныя выше вещества въ томъ случаѣ, когда взятые для опытовъ растительные матеріалы подвергались 25 дневному разложенію при различныхъ, вышеуказанныхъ, температурахъ,—то соотвѣтствующіе анализы показали (особенно по отношенію къ осиновымъ листьямъ, какъ матеріалу, оказавшемуся наиболѣе легко-разлагающимся), что, напр., известь при высокихъ t° разложенія оказалась вымытой въ количествѣ 18,89% (вмѣсто первоначальныхъ 0,25%), Fe_2O_3 въ количе- 3,42% (вмѣсто первоначальныхъ 0,79%), SiO_2 въ количествѣ 4,11% (вмѣсто 0,88%) и, наконецъ, P_2O_5 въ количествѣ 14,15% (вмѣсто—8,12%).

Выносъ въ такихъ крупныхъ размѣрахъ извести и желѣза я объяснялъ (стр. 6) возможнымъ присутствіемъ въ разлагающейся массѣ CO_2 и другихъ кислотъ—какъ обычныхъ продуктовъ разложенія органическаго вещества (на присутствіе этихъ кислотъ ясно указывала лакмусовая бумажка). Что касается SiO_2, то, основываясь на извѣстныхъ наблюденіяхъ *Thenard*'а [1]),

[1]) Comptes Rendus, 1870, LXX.

Detmer'а [1]), *Hayes*'а [2]) и др., выщелачиванiе этого вещества въ такихъ большихъ количествахъ я объяснялъ участiемъ перегнойныхъ кислотъ или ихъ солей (гл. обр.—щелочныхъ солей гуминовой кислоты—см. работы напр., *Родзянки* [3]) и др.).

II. Для выясненiя второго вопроса, т.-е. *влiянiя примѣси къ разлагающемуся матерiалу $CaCO_3$*—взяты была снова осиновые листья и луговое сѣно (по 150 gr.). Къ однимъ изъ нихъ было примѣшано по 20 gr. $CaCO_3$. Растительные остатки поддерживались все время во влажномъ состоянiи и помѣщены были въ лабораторiи, гдѣ t° воздуха держалась примѣрно около 18°—19°. Разложенiю подвергались упомянутые объекты въ продолженiе 32 дней.

Анализы стекающихъ жидкостей дали слѣдующую картину:

Перешло въ растворъ (въ %).

	Изъ осинов. листьевъ, подвергавшихся 32-хъ дневн. разложенiю.		Изъ лугового сѣна, подвергавшагося 32-хъ дневн. разложенiю.	
	Въ присутствiи $CaCO_3$	Безъ $CaCO_3$	Въ присутствiи $CaCO_3$	Безъ $CaCO_3$
SiO_2	1,12%	4,96%	0,67%	1,47%
CaO	Н е	о п р е	д ѣ л я	л а с ь
Fe_2O_3	Слѣды.	5,20	Слѣды.	1,02
P_2O_5	17,75	13,77	1,91	1,63
K_2O+Na_2O	28,84	19,81	9,67	7,00

Такимъ образомъ,—вода выщелочила изъ разлагающихся растительныхъ остатковъ, смѣшанныхъ съ $CaCO_3$ по сравненiю съ контрольными—весьма большое количество щелочей и

[1]) Landw. Versuchsstationen, 1871.
[2]) „Почвовѣдѣнiе" Глинки, стр. 154.
[3]) Труды VIII Съѣзда Русскихъ Естествоиспытателей и Врачей, 1890.

фосфорной кислоты и значительно меньше SiO_2. Что касается желѣза, *то его въ водномъ растворѣ оказались* (въ присутствіи $CaCO_3$) *лишь слѣды.*

Сильное сравнительно вымываніе щелочей я объяснялъ растворяющимъ дѣйствіемъ извести (*Beyer* [1]), *Fittbogen* [2]), *Dietrich* [3]) и др.). Такую же судьбу претерпѣвала, повидимому, и фосфорная кислота: въ какой бы формѣ ни была послѣдняя въ полученныхъ продуктахъ разложенія—прибавка извести должна была способствовать большему ея растворенію: фосфорнокислое желѣзо—перейдетъ въ фосфорнокислую известь—соединеніе болѣе растворимое; соединеніе P_2O_5 съ гумусовыми веществами будетъ въ присутствіи извести, расщеплено на перегнойно-известковыя и опять-таки на фосфорноизвестковыя соли и т. д.

Что касается отсутствія въ полученныхъ растворахъ желѣза, то я объяснялъ въ цитированной работѣ указанный фактъ тѣмъ, что прибавленіе извести нейтрализовало кислую среду и, такимъ образомъ, не было благопріятныхъ условій для его вымыванія. Сопоставляя этотъ фактъ съ тѣми данными, которыя получены были относительно желѣза въ контрольныхъ сосудахъ, въ этомъ фактѣ я видѣлъ „какъ бы подтвержденіе въ миніатюрѣ того распространеннаго въ природѣ явленія, что въ почвахъ, богатыхъ известью, грунтовыя воды лишены желѣза и, наоборотъ, что присутствіе въ этихъ послѣднихъ соединеній желѣза можетъ служить довольно вѣрнымъ признакомъ отсутствія извести въ почвѣ“ стр. 16) [4]).

---

[1]) Landwirthschaftl. Versuchsstationen, 1871, XIV.

[2]) Landw. Jahrbücher 1873.

[3]) Jahresbericht d. Agriculturchemie, 1874.

[4]) Мои послѣдующія, болѣе подробныя изслѣдованія (о нихъ ниже), рисуютъ, однако, картину взаимодѣйствія съ составными частями почвы растворимыхъ продуктовъ разложенія нѣсколько въ иномъ освѣщеніи.

Изъ приведеннаго обзора литературы, такъ или иначе касающейся интересующаго насъ вопроса, т.-е. изученія *растворимыхъ въ водѣ продуктовъ разложенія* и ихъ дальнѣйшей судьбы въ почвѣ, мы можемъ усмотрѣть, что однѣ стороны этого вопроса являются и до настоящаго времени совершенно не изслѣдованными, другіе—едва лишь затрагивались, третьи, хотя и штудировались изслѣдователями, но представляются намъ и до сихъ поръ крайне противорѣчивыми и т. д. Пополнить всѣ эти пробѣлы, является, конечно, крайне сложной и крайне долгой работой; для этого требуются долголѣтнія систематическія изслѣдованія надъ различными растительными объектами, въ различныхъ стадіяхъ ихъ разложенія, съ различными типами почвъ и пр. и пр.

Настоящая работа имѣетъ своею цѣлью, конечно, лишь *отчасти* восполнить *нѣкоторыя* стороны этого крайне интереснаго и важнаго вопроса.

Дальнѣйшія изслѣдованія въ этомъ направленіи мною однако продолжаются.

ГЛАВА II.

Опыты съ растворяющимъ дѣйствіемъ воды на различные растительные остатки, еще не подвергавшіеся процессамъ разложенія. Соотвѣтственные опыты съ *листвой* дуба, осины, березы и ольхи; съ *хвоей* сосны, ели и пихты; съ *сѣномъ* луговымъ, клевернымъ и степнымъ; съ *соломой* ржаной, овсяной и ячменной; съ *корнями* ржи, овса и ячменя. Качественный и количественный учетъ растворимыхъ въ водѣ продуктовъ, получающихся при разложеніи различныхъ растительныхъ остатковъ: a) когда продукты эти остаются при разлагающемся матеріалѣ и продолжительное время не выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ (опыты съ листвой дуба, со степнымъ сѣномъ, съ хвоей сосны и съ корнями ячменя), и *b*) когда продукты эти, по мѣрѣ образованія, удаляются водой изъ сферы соприкосновенія съ разлагающимся матеріаломъ и изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ (опыты съ листвой дуба и со степнымъ сѣномъ). Характеръ разложенія растительныхъ матеріаловъ въ томъ и другомъ случаѣ.

Исходнымъ пунктомъ для всѣхъ учетовъ, касающихся качественнаго и количественнаго изученія легко-растворимыхъ въ водѣ продуктовъ, получающихся при различныхъ процессахъ разложенія растительныхъ остатковъ, является, какъ я уже и сказалъ, предварительное *изученіе растворяющаго дѣйствія воды на такіе растительные объекты, которые не подвергались еще никакимъ процессамъ разложенія*. И, такъ какъ водные растворы, получаемые изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ, должны представлять собой крайне большія различія въ своемъ составѣ, то первой моей задачей было именно *расширить по возможности вопросъ о растворяющемъ дѣйствіи воды на различные растительные матеріалы, не испытавшіе*

еще процессовъ распада, а затѣмъ уже заняться изученіемъ растворимыхъ продуктовъ, получающихся при процессахъ разложенія этихъ матеріаловъ.

Былъ взятъ цѣлый рядъ цинковыхъ сосудовъ цилиндрической формы, діаметромъ въ 15 с. и вышиной въ 21 с., открытыхъ съ обоихъ концовъ. Нижняя часть цилиндровъ была затянута припаянной металлической (оцинкованной) сѣткой съ мелкими отверстіями. Описанные сосуды были выложены съ внутренней стороны крѣпкой плоеной фильтровальной бумагой (въ два слоя), послѣ чего наполнялись опредѣленнымъ количествомъ изслѣдуемаго матеріала.

Тотъ или другой растительный объектъ, служившій для опытовъ, предварительно высушивался при комнатной t^0 въ помѣщеніи лабораторіи; послѣ этого онъ тщательно очищался кускомъ мягкой матеріи или очень мягкой щеточкой отъ могущихъ пристать постороннихъ частицъ почвы, пыли и пр.

Въ каждый сосудъ было помѣщено по 150 гр. матеріала. Дистиллированная вода ($t^0 = 20^0$ C.) приливалась тонкой равномѣрной струей (помощью небольшой лейки).

Прежде всего, конечно, являлся вопросъ, какое количество воды считать достаточнымъ для того, чтобы перевести въ растворъ все растворимое изъ взятыхъ растительныхъ матеріаловъ и, слѣдовательно, какое количество взять ее для описываемыхъ опытовъ?

Извѣстно, что *Ramann*, пораженный весьма большимъ количествомъ вымываемыхъ составныхъ частей изъ растительныхъ остатковъ, констатированнымъ разсмотрѣнными выше работами *Schröder*'а, готовъ былъ приписать этотъ фактъ тому, что авторъ бралъ для своихъ опытовъ слишкомъ много воды. Для провѣрки того, какъ идетъ этотъ процессъ при естественныхъ условіяхъ, *Ramann* помѣщалъ, какъ я уже и говорилъ, растительные матеріалы въ дождевой стаканъ и выставлялъ послѣдній дѣйствію атмосферныхъ осадковъ. Результаты у него получи-

лись, однако, аналогичные. На основаніи этихъ опытовъ *Ramann* и предполагалъ вообще, что уже *первыя порціи* воды производятъ быстрое и довольно полное выщелачиваніе различныхъ зольныхъ соединеній. Такъ, въ опытахъ съ буковыми листьями, обливая ихъ *тройнымъ* количествомъ воды, онъ констатировалъ, что втеченіе 24 ч. въ растворъ перешло 49,5% общаго количества калія, въ слѣдующіе два дня—еще 22,1%, а дальнѣйшія вытяжки заключали въ себѣ лишь ничтожныя количества растворимыхъ веществъ. Такимъ образомъ, на основаніи работъ *Ramann*'а мы можемъ заключить, что все, что есть въ данномъ растительномъ матеріалѣ растворимаго — все это идетъ уже въ первыя же порціи воды.

Болѣе опредѣленно говоритъ объ этомъ *проф. Слезкинъ* [1]. Разбирая извѣстный споръ Костычева и Леваковскаго о гумусообразователяхъ и желая выяснить, какое значеніе на количество вымываемыхъ изъ растительныхъ остатковъ зольныхъ соединеній оказываетъ то или другое количество воды — авторъ взялъ въ своихъ опытахъ сѣно въ 4 порціяхъ по 20 гр. въ каждой и приводилъ ихъ въ 4 стаканахъ въ соприкосновеніе съ различнымъ количествомъ воды (200 с.с., 300 с.с., 400 с.с. и 500 с.с.). По истеченіи двухъ сутокъ пробы были слиты, отжаты подъ прессомъ, профильтрованы сквозь полотно и въ нихъ опредѣлено было общее количество золы.

Результаты получены слѣдующіе:

	Сух. вещ.		Золы.	% сух. вещ.	% золы.
I . . .	1,600	гр.	0,3850	8	24
II. . .	1,6200	„	0,3967	8,1	24,5
III . .	1,6940	„	0,3986	8,47	23,6
IV . .	1,7530	„	0,3536	8,77	20,1

---

[1]) Этюды о гумусѣ, стр. 69 и 70.

На основаніи этихъ цифръ авторъ и заключаетъ, что „количество взятой воды играетъ очень малую роль, и при пятерномъ количествѣ потеря возрасла лишь на очень малую величину сравнительно съ одиночнымъ“. И далѣе: „Что̀ можетъ быть взято изъ свѣжаго вещества водою, то берется небольшимъ количествомъ воды при естественныхъ условіяхъ“. Авторъ приводитъ и цифру, характеризующую намъ это *наименьшее* количество воды, необходимое для выщелачиванія изъ растительнаго матеріала почти всего растворимаго въ немъ вещества; это — *10 с.с. H_2O на 1 гр. вещества.*

Основное заключеніе автора идетъ, такимъ образомъ, рука объ руку съ вышеприведеннымъ заключеніемъ *Ramann*'a и мы можемъ принять, что болѣе или менѣе полное вымываніе, *возможное для извѣстнаго промежутка времени* [1]), выполняется уже первыми порціями воды. Но послѣдняя деталь цитируемаго автора (что на 1 гр. вещества надо брать 10 с.с. H_2O), конечно, схематична и примѣнима, во всякомъ случаѣ, лишь къ взятому объекту, т.-е. къ сѣну. Для различныхъ растительныхъ матеріаловъ *minimum* воды, необходимый для вымыванія всего имѣющагося въ нихъ растворимаго, будетъ, конечно, различный.

Для установленія этого minimum'a по отношенію къ тѣмъ объектамъ, которые взяты были мною для описываемыхъ въ этой главѣ опытовъ, я произвелъ соотвѣтствующія ислѣдованія.

Результаты послѣднихъ приведены мною въ слѣдующей таблицѣ:

---

[1]) Само собой разумѣется, что *продолжительность* соприкосновенія съ водой должна играть существенную роль въ количествѣ вымываемыхъ изъ растительныхъ остатковъ составныхъ частей.

Изъ 100 частей сухого вещества перешло въ растворъ (въ граммахъ).

(Время соприкосновенія съ водой—1 часъ).

	(Минеральн.+органич. соединенія): При количествѣ воды, взятой въ размѣрахъ:					
	600 c.c.	1000 c.c.	1500 c.c.	2000 c.c.	3000 c.c.	4000 c.c.
Изъ листьевъ дуба . .	1,5312	2,0001	2,0885	2,1286	2,1341	2,0995
„ „ осины .	2,0631	2,7013	2,7729	2,7792	2,7815	2,7613
„ „ березы .	0,8645	1,4312	1,6500	1,6597	1,6418	1,6505
„ „ ольхи. .	1,6256	1,8001	1,8031	1,7958	1,8078	1,8106
Изъ хвои сосны . . .	0,0915	0,3841	0,4005	0,4212	0,4285	0,4201
„ „ ели	0,0666	0,2815	0,3210	0,3200	0,3200	0,3218
„ „ пихты . . .	0,0711	0,1612	0,2412	0,3021	0,3101	0,3087
Изъ соломы ржаной .	0,2010	0,2361	0,2287	0,2307	0,2355	0,2377
„ „ овсяной .	0,1112	0,3661	0,4226	0,4236	0,4231	0,4223
„ „ ячменной	0,1003	0,2914	0,3726	0,3802	0,3900	0,3841
Изъ сѣна степного . .	1,6147	1,7351	1,7341	1,7356	0,7328	1,7309
„ „ лугового . .	1,3812	1,6002	1,6531	1,6535	1,6520	1,6537
„ „ клевернаго .	1,8847	2,0034	2,0081	2,0029	2,0021	2,0037
Изъ корней ржи . . .	3,0153	3,7160	4,8891	5,2003	5,2028	5,2011

Изъ этой таблицы мы можемъ видѣть, во-1-хъ, что, дѣйствительно, для различныхъ растительныхъ матеріаловъ требуется различное количество воды для вымыванія всѣхъ имѣющихся въ нихъ растворимыхъ въ водѣ соединеній, и во-2-хъ, что особенно для насъ сейчасъ важно, мы можемъ быть совершенно увѣрены, что, употребивъ для всѣхъ послѣдующихъ описываемыхъ опытовъ количество воды, превышающее количество взятаго матеріала, напр., въ 20 разъ, мы получимъ въ стекающей жидкости, изъ всѣхъ взятыхъ объектовъ, дѣйствительно все, что есть въ нихъ растворимаго въ водѣ.

Основываясь на этихъ данныхъ я и бралъ въ своихъ опытахъ дистиллированной воды въ размѣрѣ 3 литровъ на каждый сосудъ (при 150 гр. растительнаго матеріала).

Въ виду же того, что черезъ различные растительные матеріалы вода просачивалась, въ силу чисто физическихъ свойствъ среды, въ различные промежутки времени и, слѣдовательно, не со всѣми взятыми матеріалами находилась въ соприкосновеніи одно и то же время (что̀, конечно, могло отразиться на энергіи ея растворяющаго дѣйствія) описанные сосуды предварительно закупоривались снизу особой металлической крышкой и лишь послѣ того, какъ все количество воды было прилито въ данный сосудъ и оставалось въ соприкосновеніи съ изслѣдуемымъ матеріаломъ впродолженіи 1 часа, крышка эта отнималась, стекающій растворъ собирался въ особый стаканъ и сейчасъ же подвергался анализу. Для полученія возможно большаго объема этого раствора, смоченная указаннымъ способомъ растительная масса — для удаленія задержавшейся, въ силу влагоемкости среды, воды—подвергалась дѣйствію слабаго пресса (стекляннымъ кружкомъ соотвѣтствующаго діаметру сосуда размѣра).

Стекающій растворъ получался во всѣхъ случаяхъ безъ всякихъ признаковъ мути.

Для опытовъ служили матеріалы различныхъ категорій:

1) Листья дуба.
2) „ осины.
3) „ березы.
4) „ ольхи.
5) Иглы сосны.
6) „ ели.
7) „ пихты.
8) Солома ржаная.
9) Солома овсяная.
10) „ ячменная.
11) Степное сѣно.
12) Луговое „
13) Клеверное „
14) Корни ржи.
15) „ овса.
16) „ ячменя.

Клеверное, луговое и степное сѣно, служившія для опытовъ, взяты были только-что скошенныя и хорошо высушенныя (подъ дождемъ не бывшія).

Что касается *корневой системы ржи, овса и ячменя*, то еще при жизни указанныхъ растеній, въ періодъ ихъ цвѣтенія, она осторожно выкапывалась помощью лопаты въ возможно бóльшемъ количествѣ и немедленно подвергалась быстрому отмачиванію отъ приставшихъ частицъ въ струѣ воды. Послѣ этой операціи корни отрѣзались и высушивались на воздухѣ. Послѣ высушиванія они снова подвергались очищенію отъ приставшихъ почвенныхъ частицъ кускомъ мягкой матеріи и мягкой щеточки.

Необходимо оговориться, что операція эта крайне затруднительна и кропотлива (особенно принимая во вниманіе сравнительно большое количество требуемаго для опытовъ матеріала) и, конечно, не безупречна: при отмываніи корней водой — часть веществъ изъ нихъ несомнѣнно переходила въ растворъ, а приставшихъ почвенныхъ частичекъ все же не удавалось окончательно отдѣлить [1]).

Относительно, наконецъ, вопроса, какъ и когда собирать *листву*, то, для того, чтобы ближе подойти къ естественнымъ природнымъ условіямъ и болѣе правильно учесть, что̀ собственно получаетъ почва при вымываніи минеральныхъ веществъ изъ опадающей листвы атмосферными водами, было бы, конечно, цѣлесообразнѣй брать для опытовъ листья, отмершія естественной смертью и естественно опавшіе съ деревьевъ. Но извѣстно, что ко времени листопада составъ листьевъ сильно измѣняется: часть составныхъ частей уходитъ въ стволъ, и листья ими обѣдняются, а содержаніе другихъ, напротивъ, процентно повышается. Это хорошо видно хотя бы изъ анализовъ *Wolff'*а [2]).

---

[1]) О новомъ методѣ отмывки корней сообщаетъ интересныя данныя В. Ротмистровъ. „Журн. Оп. Агр.", 1907 (V и VI) и 1908 (I).

[2]) Wolff, Aschen-analysen von landw. Producten, etc. 1871, S. 158.

	Въ 100 ч. чистой золы содержится:								
	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl
Листья дуба въ Августѣ.	33,14	—	26,09	13,53	1,18	12,19	2,71	4,41	0,12
„ „ отмершіе.	3,35	0,61	48,63	3,96	0,61	8,08	4,42	30,95	—
Буковыя листья въ Авг.	19,53	2,30	33,58	7,16	1,32	9,38	1,85	20,02	0,52
„ „ отмершіе.	3,93	0,63	45,18	5,93	1,04	4,14	3,64	33,69	0,39

Т.-е., мы видимъ громадное уменьшеніе ко времени листопада % калія, натра, фосфорной кислоты и магнезіи, и наоборотъ, сильное повышеніе % кремнекислоты, извести и сѣрной кислоты.

Имѣя же въ виду оперировать съ матеріаломъ, въ которомъ всѣ составныя части распредѣлены болѣе полно и равномѣрно и принимая во вниманіе, что изложенныя выше работы *Schröder*'а, *Ramann*'а и мои показали, что вода особенно энергично растворяетъ между прочимъ калій, фосфорную кислоту и магнезію, т.-е. какъ разъ тѣ вещества, которыми во времени своего отмиранія сильно обѣдняются листья—я и бралъ этотъ матеріалъ для своихъ опытовъ прямо съ дерева—еще до начала листопада (въ серединѣ августа) [1]).

Хвоя собиралась мною также съ деревьевъ въ серединѣ августа.

Всѣ взятые для опытовъ растительные матеріалы подвергнуты были предварительно анализу, чтобы знать ихъ первоначальный составъ. Результаты анализовъ сведены въ слѣдующихъ таблицахъ:

[1]) Тѣмъ не менѣе собранный матеріалъ все же оказывается весьма уже обогащеннымъ известью; для полученія матеріала съ болѣе равномѣрнымъ распредѣленіемъ зольныхъ составныхъ частей его слѣдовало бы собирать еще раньше.

	Въ 1000 ч. *сухого вещества содержится (въ граммахъ)*:										Сумма зольн. элем.
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl	
Листья дуба	3,92	8,03	0,31	41,96	9,93	4,17	0,89	2,08	3,15	0,02	74,46
„ березы	5,03	5,76	0,65	24,13	7,49	2,15	0,29	1,73	4,18	—	51,41
„ осины	4,41	4,03	0,27	38,41	11,71	6,97	0,41	2,03	6,03	—	74,27
„ ольхи	3,99	6,35	0,16	26,66	7,18	5,16	0,78	1,01	4,34	0,06	56,69
Хвоя сосны	13,06	5,17	0,13	29,95	6,13	2,13	1,45	0,16	3,18	0,18	61,54
„ ели	11,22	4,13	1,04	21,14	4,00	1,99	1,73	0,09	1,98	0,03	47,35
„ пихты	14,03	2,97	0,40	28,03	8,81	1,83	2,03	0,04	4,17	0,41	62,72
Солома ржаная	31,43	2,66	0,09	4,18	1,18	0,86	0,31	0,01	0,16	1,03	41,91
„ овсяная	23,31	3,13	0,31	5,19	2,02	1,26	0,42	0,05	1,31	0,93	37,93
„ ячменная	26,30	3,18	0,18	3,12	1,07	2,01	0,17	0,02	1,03	1,07	38,15
Степное сѣно	18,13	10,10	0,07	18,18	6,03	5.13	0,83	0,03	2,05	3,15	63,70
Луговое „	11,14	9,18	2,01	11,07	1,83	7,13	0,61	0,05	1,02	1,18	45,22
Клеверн. „	5,13	13,03	1,83	29,06	5,15	6,44	1,04	—	4,28	2,47	68,43
Корни ржи	1,05	23,43	2,14	18,15	8,13	14,18	4,13	1,18	8,18	4,53	85,10
„ овса	1,19	16,14	4,13	10,15	6,18	17,45	2,98	2,45	7,73	3,01	71,41
„ ячменя	2,43	28,13	1,06	23,00	12,03	11,12	5,95	2,06	7,91	1,99	75,68

Послѣ обработки всѣхъ указанныхъ матеріаловъ дистиллированной водой (въ размѣрѣ 3 литровъ)—стекающая жидкость имѣла слѣд. составъ:

	Изъ 1000 ч. сухого вещества перешло въ растворъ (въ грам.).										Сумма зольныхъ элементовъ (m):	Органич. вещества (O) перешло въ растворъ:	Отношеніе m:o
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl			
Листья дуба	0,03	0,73	Слѣды	0,96	1,52	0,46	0,05	0,03	0,69	—	4,47 гр.	16,31 гр.	1:3,64
„ березы	0,06	0,64	Сл.	0,84	0,98	0,17	Сл.	0,01	0,67	—	3,37 „	13,81 „	1:4,09
„ осины	0,02	0,28	Сл.	2.13	1,13	0,97	0,02	0,02	1,27	—	5,84 „	20,02 „	1:3,43
„ ольхи	0,06	0,63	Сл.	0,54	0,87	0,68	0,01	0,02	0,61	Слѣды	3,42 „	13,00 „	1:3,80
Хвоя сосны	0,43	0,31	Сл.	0,14	0,33	0,03	0,01	Слѣды	0,25	—	1,50 „	2,33 „	1:1,55
„ ели	0,54	0,12	Сл.	Сл.	0,15	0,04	0,01	—	0,24	—	1,10 „	1,89 „	1:1,70
„ пихты	0,56	0,05	—	Сл.	0,24	0,01	0,06	—	0,31	Слѣды	1,23 „	1,87 „	1:1,52
Солома ржаная	0,63	0,05	—	0,04	0,10	0,02	Слѣды	—	0,02	0,01	0,87 „	1,63 „	1:1,87
„ овсяная	0,93	0,19	Сл.	0,02	0,11	0,05	Сл.	—	0,10	0,01	1,41 „	3,02 „	1:2,14
„ ячменная	0,56	0,14	—	0,02	0,06	0,10	Сл.	—	0,16	—	1,04 „	2,47 „	1:2,37
Степное сѣно	0,37	0,80	—	0,69	0,49	0,30	Сл.	—	0,25	Сл.	2,90 „	14,95 „	1:5,15
Луговое „	0,12	0,84	—	0,28	0,22	0,56	Сл.	—	0,10	Сл.	2,12 „	14,02 „	1:6,61
Клеверн. „	0,09	1,32	Сл.	0,57	0,60	0,41	Сл,	—	0,42	0,01	3,42 „	17,78 „	1:5,19
Корни ржи	—	11,27	0,38	4,37	1,55	4,67	0,79	0,09	2,32	0,32	25,76 „	31,63 „	1:1,22
„ овса	—	6,32	0,47	1,29	2,54	7,33	0,76	0,30	3,24	0,15	22,40 „	28,00 „	1:1,25
„ ячменя	—	11,66	0,24	7,85	3,73	3,13	1,81	0,12	3,00	0,23	31,77 „	35,73 „	1:1,12

Выражая полученныя цифры въ % имѣемъ:

	Перешло въ растворъ (въ %):									
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl
Листья дуба.	0,76	9,09	Слѣды	2,27	15,30	11,03	5,61	1,44	21,90	—
„ березы.	1,19	11,11	Слѣды	3,48	13,08	7,91	Слѣды	0,57	16,02	—
„ осины	0,45	6,94	Слѣды	5,54	9,64	13,91	4,87	0,98	21,06	—
„ ольхи	1,50	9,92	Слѣды	2,02	12,11	13,17	1,28	1,98	14,05	Слѣды
Хвоя сосны.	3,21	5,99	Слѣды	0,46	5,38	1,40	0,68	Слѣды	7,86	—
„ ели	4,81	2,90	Слѣды	Слѣды	3,75	2,01	0,57	—	12,12	—
„ пихты	3,99	1,68	—	Слѣды	2,72	0,54	2,95	—	7,43	Слѣды
Солома ржаная	2,00	1,88	—	0,95	8,47	2,32	0,28	—	12,50	0,97
„ овсяная	3,98	6,07	Слѣды	0,38	5,44	3,96	Слѣды	—	7,63	1,07
„ ячменная	2,12	4,40	—	0,64	5,60	4,97	Слѣды	—	15,53	—
Степное сѣно	2,04	7,92	—	3,79	8,12	5,84	Слѣды	—	12,14	Слѣды
Луговое „	1,07	9,14	—	2,53	12,00	7,85	Слѣды	—	9,80	Слѣды
Клеверн. „	1,75	10,13	Слѣды	1,96	11,65	6,36	Слѣды	—	9,81	0,40
Корни ржи	—	48,10	17,75	24,07	19,06	32,93	19,12	7,62	28,36	7,06
„ овса	—	39,15	11,38	12,70	41,10	42,00	25,50	12,24	41.91	4,98
„ ячменя	—	41,09	22,64	34,13	31,00	28,14	30,42	5,82	37,92	11,55

Разсматривая всѣ эти цифры намъ приходится прежде всего, *во-1-хъ*, снова констатировать, что изъ всѣхъ взятыхъ для опытовъ растительныхъ матеріаловъ, еще не испытавшихъ процессовъ разложенія—*вода при первомъ-же своемъ соприкосновеніи* (продолжавшемся въ нашемъ случаѣ *всего 1 часъ*) *тѣмъ не менѣе несетъ въ растворъ уже значительное количество какъ зольныхъ, такъ и органическихъ соединеній*, *во-2-хъ*, что количество выщелоченныхъ водой зольныхъ соединеній, взятыхъ въ отдѣльности, а также отношеніе суммы этихъ соединеній къ общему количеству вымытыхъ органическихъ веществъ—для различныхъ взятыхъ нами категорій матеріаловъ—крайне различно и, *въ-3-хъ*, что для каждой въ отдѣльности взятой категоріи намъ удается подмѣтить свои, характерныя въ этомъ отношеніи особенности. Эти послѣднія въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, настолько получились рельефными, что даютъ намъ возможность разбить всѣ взятые для опытовъ матеріалы на отдѣльныя группы.

I. *Къ первой группѣ* мы отнесемъ *листья древесныхъ породъ*. Наибольшій % выщелачивается водой MgO, SO_3, K_2O, и P_2O_5, и сравнительно небольшое количество CaO и Fe_2O_3; еще въ меньшемъ количествѣ идетъ въ растворъ SiO_2 и Mn_3O_4. Хлора и натрія въ водныхъ вытяжкахъ не обнаружено.

Болѣе или менѣе аналогичные результаты получены, какъ мы видѣли, въ предыдущихъ работахъ *Schröder*'а, *Ramann*'а и моихъ.

Органическихъ веществъ (въ общей своей суммѣ) извлекается водой изъ этой категоріи продуктовъ довольно значительное количество. Если принять количество выщелоченныхъ водой минеральныхъ соединеній (m) равнымъ единицѣ, то отношеніе этого количества къ количеству выщелоченныхъ органическихъ веществъ (o) выразится во всѣхъ случаяхъ очень близкими другъ къ другу величинами, а именно:

у листьевъ дуба $\frac{m}{o} = \frac{1}{3,64}$

„ „ березы „ $= \frac{1}{4,09}$

„ „ осины „ $= \frac{1}{3,43}$

„ „ ольхи „ $= \frac{1}{3,80}$

Въ среднемъ мы можемъ считать, что $\frac{m}{o}$ *выражается для первой категоріи растительныхъ матеріаловъ дробью* $\frac{1}{3,74}$

II. *Къ особой категоріи надо отнести хвою сосны, ели и пихты*, давшихъ намъ опять-таки въ высшей степени однородную картину, хотя по отношенію къ этимъ матеріаламъ мы не имѣемъ возможности въ настоящее время съ должной опредѣленностью дѣлать тѣ или другія заключенія — въ виду почти полнаго отсутствія въ литературѣ данныхъ другихъ авторовъ. Но картина выщелачиванія водой различныхъ соединеній изъ упомянутыхъ матеріаловъ получилась крайне своеобразная.

Прежде всего приходится констатировать *сравнительно крайне ничтожное количество вымываемыхъ водой зольныхъ и органическихъ* соединеній. Дѣйствительно, въ то время какъ изъ листвы, какъ мы видѣли выше, *въ среднемъ* изъ 4-хъ случаевъ перешло въ водный растворъ 4,27 гр. зольныхъ и 15,78 гр. органическихъ (изъ 1000 г. сухого вещества), изъ хвои, *въ среднемъ же*, перешло всего лишь 1,27 гр. зольныхъ и 2,03 гр. органическихъ.

Ранѣе установленное нами отношеніе у листвы $\frac{m}{o}$ равнымъ $\frac{1}{3,74}$, въ данномъ случаѣ представляется въ такомъ видѣ:

у хвои ели $\frac{m}{o} = \frac{1}{1,70}$

„ „ сосны „ $= \frac{1}{1,55}$

„ „ пихты „ $= \frac{1}{1,52}$

Въ среднемъ, можемъ принять $\frac{m}{o} = \frac{1}{1,59}$.

Самое выщелачиваніе касается, вообще говоря, тѣхъ же элементовъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ; только SiO_2 идетъ въ растворъ сравнительно въ гораздо бо̀льшихъ количествахъ.

Мы увидимъ нѣсколько дальше, что хвоя упомянутыхъ матеріаловъ представляетъ собой столь же своеобразную картину и при процессахъ разложенія, а именно—отличается крайне медленной при этихъ процессахъ способностью къ минерализаціи.

Какая причина этихъ явленій, пока трудно сказать. Быть можетъ не безъ вліянія оказываются въ данномъ случаѣ смолистыя вещества, препятствующія свободному смачиванію хвои водою, а при процессахъ разложенія и ихъ антисептическое дѣйствіе; быть можетъ, тутъ замѣшано особое устройство оболочекъ или особо-прочная форма минерало-органическихъ соединій и т. п.

III. Къ третьей категоріи мы отнесемъ *сѣно* (клеверное, луговое, степное), показывающее намъ также *довольно значительныя количества выщелоченныхъ водой зольныхъ, и особенно-органическихъ соединеній*. Правда, количество зольныхъ растворимыхъ соединеній значительно уступаетъ соотвѣтственному количеству, наблюдаемому нами по отношенію къ листвѣ (вмѣсто 4,27 гр. имѣемъ въ данномъ случаѣ всего 2,81 гр.), но за то количество перешедшихъ въ растворъ соединеній органическихъ почти одинаково въ обоихъ случаяхъ (15,78 гр. въ одномъ и 15,58 гр.—въ другомъ случаѣ); слѣдствіемъ чего и является весьма широкое отношеніе, существующее между m и o, а именно:

У клевернаго сѣна $\frac{m}{o} = \frac{1}{5,19}$
„ степного „ $\frac{m}{o} = \frac{1}{5,15}$
„ лугового „ $\frac{m}{o} = \frac{1}{6,61}$

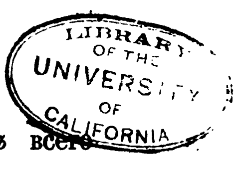
Въ среднемъ $\frac{m}{o} = \frac{1}{5,65}$.

Легкая сравнительно вымываемость водой составныхъ частей изъ сѣна объясняется, вѣроятно, присутствіемъ въ данномъ матеріалѣ такихъ нѣжныхъ частей, какъ цвѣты, листочки и т. п.

IV. Что касается *соломы*, то хотя въ этомъ случаѣ у насъ получились не совсѣмъ между собой однородныя цифры, но все же и для этой категоріи продуктовъ мы можемъ подмѣтить одно общее свойство—это *крайне слабое выщелачиваніе вообще* минеральныхъ и органическихъ соединеній, что̀, такимъ образомъ, съ внѣшней стороны, приближаетъ ее какъ бы къ хвоѣ, но съ тою, однако, существенной разницей, что составъ неизмѣненной хвои, какъ мы видѣли, сравнительно очень богатъ зольными веществами; между тѣмъ составъ взятой соломы сравнительно ими бѣденъ.

Считаю однако необходимымъ оговориться, что по условіямъ метеорологическимъ того лѣта, когда собиралась солома, возможно было ожидать, что матеріалъ этотъ собранъ былъ мною уже нѣсколько, быть можетъ, испытавшій на себѣ растворяющее дѣйствіе дождя. Дѣло въ томъ, что за послѣдніе дни уборки хлѣбовъ стали перепадать небольшіе, но частые дожди. Хотя свозка съ поля была совершена въ ясную и сухую погоду, но, какъ извѣстно, ко времени созрѣванія, отдѣльные листья и стебли упомянутыхъ знаковъ уже отмираютъ и отсыхаютъ, и тогда неизбѣжно должны отдавать атмосферной водѣ часть своихъ зольныхъ и органическихъ соединій. Такимъ образомъ, быть можетъ, и это обстоятельство не осталось безъ вліянія на малое сравнительно количество вымываемыхъ водой соединеній изъ упомянутой категоріи растительныхъ продуктовъ. Впрочемъ аналогичную картину дала мнѣ солома (овсяная) въ моихъ прежнихъ опытахъ (см. гл. I), хотя и была собрана въ безупречномъ въ этомъ отношеніи состояніи.

Какъ бы то ни было, изъ 1000 г. сухого вещества соломы



водой въ данномъ случаѣ выщелачивается *въ среднемъ* всего 1,10 gr. зольныхъ соединеній и 2,37 gr. органическихъ.

$$\frac{m}{o} \text{ въ среднемъ} = \frac{1}{2{,}13}$$

V. Наконецъ исключительную по своей растворимости картину представляютъ *остатки корневой системы*. Правда, за малымъ пока количествомъ имѣющихся у меня въ рукахъ данныхъ—нельзя эти выводы быть можетъ переносить и на корневую систему другихъ растеній, но всѣ три, взятые для опыта, объекта, дали въ высшей степени согласованные результаты Послѣдніе даютъ намъ возможность по отношенію къ этой группѣ растительныхъ матеріаловъ установить *сильнѣйшую* выщелачиваемость водой и зольныхъ и органическихъ соединеній. Изъ 1000 ч. сух. вещ. корней водой растворяется, въ *среднемъ* изъ 3 случаевъ 26,64 гр. зольныхъ и 31,78 гр. органическихъ соединеній, т.-е., получаемъ величины, во много разъ превышающія соотвѣтственныя количества у всѣхъ выше разсмотрѣнныхъ матеріаловъ [1]).

Отношеніе m къ o выражается здѣсь (въ среднемъ) дробью $\frac{1}{1{,}19}$.

Мнѣ кажется, что такое обиліе въ корневыхъ остаткахъ легко растворимыхъ въ водѣ зольныхъ и органическихъ соединеній объясняется, съ одной стороны, нѣжнымъ и мягкимъ строеніемъ самихъ тканей, съ другой — тѣмъ, что въ клѣточкахъ корневыхъ развѣтвленій находилось много вытянутыхъ изъ почвы минеральныхъ соединеній, которыя еще не успѣли превратиться тамъ въ какое-либо прочное, трудно растворимое состояніе. Это соображеніе тѣмъ болѣе можетъ имѣть мѣсто, что корневая система бралась для опытовъ еще живая, функціонирующая (какъ сказано выше — въ періодъ цвѣтенія зла-

---

[1]) Не забудемъ при этомъ, что данный объектъ еще передъ описываемыми опытами, подвергался дѣйствію воды (для отмыванія приставшихъ частицъ почвы).

ковъ), притомъ съ богатымъ содержаніемъ вообще зольныхъ соединеній [1]).

Выражая *общее количество суммы растворенныхъ зольныхъ элементовъ* у различныхъ, служившихъ для опыта, растительныхъ объектовъ, *въ* % — имѣемъ:

	Въ 1000 ч. сух. вещ. содержится зольныхъ элем. въ грам.	Изъ 1000 ч. сух. вещ. перешло въ растворъ зольн. элем. въ грам.	%	Среднее.
Листья дуба	74,46	4,47	6,00	6,58%
„ березы	51,41	3,37	6,55	
„ осины.	74,27	5,84	7,86	
„ ольхи.	56,69	3,42	6,03	
Хвоя сосны.	61,54	1,50	2,43	2,25%
„ ели.	47,35	1,10	2,32	
„ пихты.	62,72	1,23	1,96	
Солома ржаная	41,91	0,87	2,07	2,83%
„ овсяная.	37,93	1,41	3,72	
„ ячменная	33,15	1,01	2,72	
Сѣно степное.	63,70	2,90	4,55	
„ луговое.	45,22	2,12	4,68	4,74%
„ клеверное.	63,43	3,42	4,99	
Корни ржи.	85,10	25,76	30,27	
„ овса.	71,41	22,40	31,08	34,44%
„ ячменя.	75,68	31,77	41,97	

Такимъ образомъ, — по общему количеству легко растворимыхъ въ водѣ *зольныхъ* соединеній — упомянутые матеріалы

[1]) Проф. Слезкинъ (l. c. стр. 54) наблюдалъ аналогичный же фактъ. Авторъ объясняетъ его тѣмъ, что корневыя ткани вообще богаты выщелачиваемымъ веществомъ (флобафенами по Гоппе-Зейлеру) въ связи съ большой потребностью корней въ защитѣ отъ разложенія и при жизни ихъ.

располагаются въ слѣдующемъ порядкѣ: 1) корневая система, 2) листья древесныхъ породъ, 3) сѣно, 4) солома и, наконецъ, 5) хвоя.

И если % общаго количества растворимыхъ минеральныхъ соединеній мы примемъ у хвои равнымъ единицѣ, то отношеніе между всѣми этими растительными матеріалами, въ указанномъ смыслѣ, выразится слѣдующимъ образомъ:

1 : 1,25 : 2,10 : 2,92 : 15,30.

Что касается общаго количества растворенныхъ *органическихъ соединеній*, то здѣсь мы ограничимся лишь тѣми абсолютными количествами ихъ, которыя получаются въ водной вытяжкѣ изъ 1000 частей сухого растительнаго матеріала, а именно:

Изъ хвои (въ среднемъ изъ 3 случаевъ) перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. . .	2,03 гр.
Изъ соломы (въ среднемъ изъ 3 случаевъ) перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. . .	2,37 „
Изъ сѣна (въ среднемъ изъ 3 случаевъ) перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. . . .	15,58 „
Изъ листьевъ (въ среднемъ изъ 4 случаевъ) перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. . .	15,78 „
Изъ корней (въ среднемъ изъ 3 случаевъ) перешло въ растворъ изъ 1000 ч. сух. вещ. . .	31,78 „

Принимая количество растворенныхъ органическихъ соединеній у хвои за единицу—получаемъ слѣдующее соотношеніе между указанными объектами:

1 : 1,16 : 7,62 : 7,77 : 15,65.

Итакъ, мы заключаемъ, что вода выноситъ въ растворъ изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ *(не разлагающихся)* весьма различное количество зольныхъ и органическихъ соеди-

ненiй, при этомъ различiе это даетъ себя знать и при разсмотрѣнiи, какъ мы видѣли, степени вымываемости каждаго въ отдѣльности зольнаго соединенiя. Едва ли можно сомнѣваться, что такое же различiе въ степени растворимости должны мы будемъ констатировать и по отношенiю къ различнымъ, взятымъ въ отдѣльности, органическимъ соединенiямъ, но выясненiе этого вопроса пока не входило въ наши задачи и требуетъ для себя, такимъ образомъ, спецiальныхъ изслѣдованiй.

Принимая во вниманiе, что всѣ эти выщелачиваемыя водой вещества, и зольныя, и органическiя, должны, въ силу своей удобоподвижности, играть одну изъ важнѣйшихъ ролей въ почвообразовательныхъ процессахъ вообще и въ созданiи того или другого характера темноцвѣтныхъ гумусовыхъ веществъ почвы—въ частности (вспомнимъ работы *Леваковскаго*, *Hoppe-Seyler*'а, *Слезкина* и др.)—мы въ правѣ заключить, что тотъ или другой характеръ гумуса, богатство его зольными веществами, то или другое количество его—должны находиться въ прямой и тѣсной зависимости не только отъ внѣшнихъ климатическихъ, почвенныхъ и т. п. условiй, но и отъ характера, состава и количества тѣхъ растительныхъ остатковъ, которые даютъ начало гумусовымъ веществамъ почвы. Съ этой точки зрѣнiя, быть можетъ, и есть извѣстное основанiе классифицировать различные виды гумуса на *полевой*, *степной*, *лѣсной*, какъ тò установилось въ западно-европейской литературѣ. Во всякомъ случаѣ—въ основу классификацiи различныхъ видовъ почвеннаго гумуса необходимо положить *не только* характеръ его формированiя („кислый“ гумусъ, „сладкiй“ и т. п., — образующiеся при различныхъ комбинацiяхъ тепла, влаги и пр.), *но и характеръ и составъ дающихъ начало гумусу растительныхъ* (и животныхъ) *остатковъ*. И если одни и тѣ же растительные матерiалы, находясь въ различныхъ условiяхъ тепла, влаги, доступа воздуха и т. п. — даютъ начало гумусовымъ веществамъ различнаго характера и состава, то одинаково

справедливо будетъ и обратное заключеніе, что различнаго состава и характера растительные остатки, находясь въ тожественныхъ условіяхъ увлажненія, тепла и пр.—дадутъ начало гумусовымъ веществамъ опять-таки различнаго состава.

Кромѣ того, вспоминая таблицу (стр. 46), показывающую намъ, что для вымыванія всѣхъ растворимыхъ соединеній изъ различныхъ растительныхъ остатковъ требуется, въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, различное количество воды — приходится предположить, что при установленіи законовъ распредѣленія и накопленія гумуса въ различныхъ физико-географическихъ районахъ и главное, при изученіи его химическаго состава — и указанный факторъ долженъ вѣроятно играть далеко не послѣднюю роль. Быть можетъ, напримѣръ, въ нѣкоторыхъ районахъ атмосферной воды будетъ выпадать втеченіе года недостаточно для вымыванія изъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ всѣхъ имѣющихся въ нихъ органическихъ и зольныхъ соединеній и почва не будетъ тогда такъ обогащаться гумусообразователями, какъ въ другихъ районахъ, гдѣ этихъ растительныхъ остатковъ будетъ накопляться, быть можетъ, ежегодно и меньше, но за то достаточное количество выпадающей влаги вымоетъ изъ нихъ *сравнительно* бо̀льшее количество веществъ и почва, въ результатѣ, обогатится этими гумусообразователями въ большей степени и т. д. Съ этой точки зрѣнія—значеніе выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ не было до сихъ поръ, насколько мнѣ извѣстно, въ достаточной степени освѣщено. Главнѣйшее вниманіе всегда обращалось на влагу, лишь какъ на факторъ, обусловливающій характеръ и энергію процессовъ разложенія органическаго вещества.

Установивши картину растворяющаго дѣйствія воды на различныя категоріи растительныхъ матеріаловъ, еще не подвергавшихся процессамъ разложенія — мы пойдемъ дальше и попытаемся *изучить теперь растворимые въ водѣ продукты*,

получающіеся уже при процессахъ разложенія этихъ растительныхъ матеріаловъ, т.-е., постараемся сдѣлать качественный и количественный учетъ этой постепенной минерализаціи органическихъ остатковъ, выяснить послѣдовательность отщепленія отъ послѣднихъ, при ихъ разложеніи, тѣхъ или другихъ растворимыхъ соединеній и т. п. Всѣ эти вопросы, какъ мы видѣли выше, являются въ настоящее время почти совершенно не изученными, а подчасъ даже и не затронутыми.

Въ этомъ отношеніи у меня имѣется въ настоящее время довольно большой матеріалъ, такъ какъ наблюденія надъ этой постепенной минерализаціей разлагающихся растительныхъ остатковъ захватываютъ у меня очень длительный періодъ (нѣкоторые растительные матеріалы разлагались въ нижеописываемыхъ опытахъ впродолженіе болѣе двухъ лѣтъ).

Сначала посмотримъ, въ какой послѣдовательности отщепляются отъ различныхъ разлагающихся растительныхъ остатковъ различныя зольныя соединенія.

Для выясненія этого вопроса, а также съ цѣлью нѣсколько приблизиться къ естественнымъ условіямъ, наблюдаемымъ въ природѣ, мною были организованы опыты двухъ категорій.

Въ первой категоріи опытовъ—тѣ или другіе растительные матеріалы подвергались продолжительное время процессамъ разложенія и накопившіеся въ нихъ растворимые продукты этого разложенія,—за опредѣленный періодъ времени,—вымывались опредѣленнымъ количествомъ воды (черезъ 1, 3, 4, $5^1/_2$, $11^1/_2$ и т. д. мѣсяцевъ отъ начала опыта), причемъ для выясненія вліянія степени разложенности на количество образовавшихся растворимыхъ продуктовъ—служилъ каждый разъ особый сосудъ съ новой порціей матеріала. Такимъ образомъ,—въ этой категоріи опытовъ — накопляющіеся продукты разложенія оставались извѣстное время (отъ 1 до 20 мѣсяцевъ) въ соприкосновеніи съ матеріаломъ. Эти опыты до нѣкоторой степени могли бы насъ приблизить къ схематическому выясненію

процессовъ разложенія, происходящихъ при естественныхъ условіяхъ въ природѣ — въ тѣхъ, напр., районахъ, гдѣ въ силу ли особыхъ метеорологическихъ условій, или въ силу особыхъ физико-механическихъ свойствъ почвы или подпочвы и т. п. — накопляющіеся растворимые продукты этого разложенія не выходятъ продолжительное время изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ.

Вторая категорія опытовъ была организована иначе. Взятъ былъ *одинъ* сосудъ. Въ этотъ сосудъ помѣщался тотъ или другой растительный объектъ и, по мѣрѣ развитія процессовъ разложенія его,—онъ промывался черезъ короткіе промежутки времени (каждые 3 дня) опредѣленнымъ количествомъ воды; опредѣленный объемъ стекающей жидкости немедленно выпаривался. Затѣмъ, къ этому сухому остатку прибавлялись (черезъ каждые три дня) все новыя и новыя порціи вновь получаемыхъ растворовъ. Послѣдніе также выпаривались. Остатки эти анализировались тогда, когда проходило время, равное продолжительности соотвѣтствующаго времени въ опытахъ I категоріи (черезъ 1, 3, 4, 5½, 11½, 13, 16 и 20 мѣсяцевъ). Такимъ образомъ,— постепенно накопляющіеся во взятыхъ матеріалахъ растворимые продукты ихъ разложенія — все время удалялись изъ матеріала и до нѣкоторой степени выходили такимъ способомъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ.

Эти опыты, въ свою очередь, могли бы насъ приблизить къ схематическому выясненію процессовъ разложенія, протекающихъ при естественныхъ условіяхъ въ тѣхъ, напр., районахъ, гдѣ, въ силу тѣхъ или другихъ естественно-историческихъ условій имѣется на лицо быстрый отводъ атмосферной воды и образующихся растворовъ.

Для опытовъ первой категоріи взяты были описанные выше металлическіе сосуды цилиндрической формы съ сѣтчатымъ дномъ. Въ качествѣ разлагающагося матеріала служили: *листва дуба*, *хвоя сосны*, *степное сѣно* и *корни ячменя*. Въ каждый

сосудъ было помѣщено по 150 gr. упомянутаго матеріала. Сосуды были предварительно обложены внутри крѣпкой фильтрованной бумагой. Растительные матеріалы все время опытовъ поддерживались во влажномъ состояніи, что производилось нерегулярно, по мѣрѣ подсыханія объекта, помощью пульверизатора и помѣшиванія стеклянной палочкой (для равномѣрнаго распредѣленія влаги и для свободной циркуляціи воздуха). Сосуды съ матеріаломъ находились въ лабораторіи, гдѣ t° держалась обычно около 17°—19° C.

Когда считалось необходимымъ изучить образовавшіеся растворимые продукты, растительные остатки промывались сверху 3 литрами дистиллированной воды (соприкосновеніе съ водой— 1 часъ). Стекающая жидкость, если нужно было, снова фильтровалась и тогда уже подвергалась анализу.

Для каждаго изъ упомянутыхъ матеріаловъ взято было по 9 сосудовъ.

1 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ *неподвергавшихся разложенію* матеріаловъ;

2 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавшихся разложенію втеченіе 1 мѣсяца;

3 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавшихся разложенію втеченіе 3 мѣсяцевъ;

4 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавщихся разложенію втеченіе 4 мѣсяцевъ.

5 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавшихся разложанію втеченіе $5^1/_2$ мѣсяцевъ.

6 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавшихся разложенію втеченіе $11^1/_2$ мѣсяцевъ.

7 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавшихся разложенію втеченіе 13 мѣсяцевъ.

8 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавшихся разложенію втеченіе 16 мѣсяцевъ.

9 сосудъ служилъ для полученія воднаго раствора изъ матеріаловъ, подвергавшихся разложенію втеченіе 20 мѣсяцевъ.

. . . .

Для опытовъ второй категоріи служили такіе же металлическіе сосуды, обложенные внутри крѣпкой фильтровальной бумагой. Матеріала бралось также по 150 gr. (возд.-сух.). Черезъ каждые три дня разлагающійся объектъ промывался 3 литрами дистиллированной воды. Вода держалась въ матеріалѣ втеченіе 1 часа. Каждая порція вновь стекающаго раствора немедленно выпаривалась. Матеріалъ же снова разрыхлялся (во избѣжаніе уплотненія) стеклянной палочкой. Въ качествѣ изслѣдуемыхъ матеріаловъ служили — *листва дуба* (опытъ продолжался 16 мѣсяцевъ) и *степное сѣно* (опытъ продолжался 20 мѣсяцевъ).

Составъ золы всѣхъ взятыхъ для опыта объектовъ приведенъ мною выше на стр. 50.

Количества веществъ, переходящихъ въ растворъ во всѣхъ описанныхъ опытахъ, я выражаю прямо въ $^0/_0$.

I. Первая категорія опытовъ.

А) Опыты съ листвой дуба.

	Перешло въ водный растворъ (въ % отъ первоначальн. количества):									
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl
Изъ листьевъ:										
1) неподверг. разлож. (стр. 52) .	0,76	9,09	Сл.	2,27	15,30	11,03	5,61	1,44	21,90	—
2) подвергавшихся разлож. втеченіе 1 мѣс.	24,35	12,84	21,14	**97,32**	**86,97**	16,81	38,24	18,15	46,15	—
3) „ 3 мѣс.	58,11	16,33	47,12	**32,13**	**40,13**	25,55	52,13	31,56	64,11	—
4) „ 4 мѣс.	61,45	41,15	62,19	**9,05**	**6,18**	38,01	59,60	40,13	87,41	69,16
5) „ 5½ мѣс.	62,13	77,17	72,13	**11,14**	**13,14**	74,18	69,83	54,18	86,91	81,06
6) „ 11½ мѣс. . . .	62,88	78,05	70,95	**5,16**	**8,71**	75,06	70,18	53,93	87,55	82,32
7) „ 13 мѣс.	61,18	78,95	72,98	**6,70**	**11,15**	76,93	72,86	55,04	86,01	82,93
8) „ 16 мѣс.	63,94	77,96	74,13	**3,14**	**7,03**	74,98	74,11	56,71	87,73	82,03
9) „ 20 мѣс.	63,98	78,15	73,04	**7,32**	**9,05**	75,17	70,81	53,87	87,90	82,11

В) Опыты съ хвоей сосны.

	Перешло въ водный растворъ (въ %).									
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl
Изъ хвои:										
1) Неподвергн. разлож. (стр. 52).	3,21	5,99	Сл.	0,46	5,38	1,40	0,68	Сл.	7,86	—
2) Подвергавш. разлож. втеченіе. 1 мѣсяца.	3,82	6,11	—	39,18	19,76	1,37	?	Сл.	7,59	—
3) „ 3 мѣс.	4,06	6,87	Сл.	44,16	57,13	1,84	0,60	Сл.	10,13	—
4) „ 4 мѣс	4,78	6,66	—	77,13	82,16	3,07	2,14	0,73	11,16	—
5) „ 5½ мѣс.	6,03	8,13	—	92,95	90,03	4,03	2,86	0,80	14,13	—
6) „ 11½ мѣс.	12,15	11,14	—	83,14	92,04	4,00	5,66	2,93	17,43	2,3
7) „ 13 мѣс.	14,19	12,93	2,71	90,13	88,13	6,13	6,03	2,81	17,51	8,03
8) „ 16 мѣс.	17,13	12,73	5,16	90,18	91,14	9,15	9,15	3,56	18,00	16,15
9) „ 20 мѣс.	20,00	14,77	9,14	78,16	80,12	12,44	18,63	14,19	23,06	27,65

C) Опыты со стеннымъ сѣномъ.

	Перешло въ водный растворъ (въ %).									
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl
Изъ сѣна:										
1) Неподверг. разлож. (стр. 52) .	2,04	7,92	—	3,79	8,12	5,84	Сл.	—	12,14	Сл.
2) Подвергавш. разлож. втеченіе 1 мѣс	21,15	10,13	—	91,16	97,15	14,18	8,95	—	29,66	Сл.
3) „ 3 мѣс.	38,40	14,19	—	58,03	77,14	25,18	39,60	Сл.	53,81	Сл.
4) „ 4 мѣс.	41,96	22,16	Сл.	10,15	29,03	38,01	45,13	—	73,11	14,16
5) „ 5½ мѣс.	48,13	25,08	30,15	3,66	7,03	52,05	64,13	—	88,16	29,11
6) „ 11½ мѣс. . . .	59,17	46,15	49,16	11,13	1,67	69,71	79,15	39,16	88,55	43,02
7) „ 13 мѣс.	68,46	59,95	67,00	2,95	7,13	82,33	78,66	63,11	88,58	43,44
8) „ 16 мѣс.	78,14	70,15	79,15	12,05	5,16	88,05	78,84	87,15	88,39	43,14
9) „ 20 мѣс.	78,93	71,40	81,13	10,45	3,01	82,95	79,14	87,33	89,01	43,77

D) Опыты съ корнями ячменя.

	Перешло въ водный растворъ въ %									
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl
Изъ корней:										
1) неподверг. разлож. (стр. 52) .	—	41,09	22,64	34,13	31,00	28,14	30,42	5,82	37,92	11,55
2) подверг. разлож. въ теченіе 1 мѣс.	39,15	59,73	33,15	11,15	2,13	64,13	73,15	29,16	72,15	39,15
3) „ 3 мѣс.	69,15	92,14	53,53	3,16	6,41	70,15	79,16	63,16	81,11	47,16
4) „ 4 мѣс.	70,66	93,63	54,16	7,13	8,13	70,45	80,95	64,83	82,56	47,36
5) „ 5½ мѣс.	70,83	91,87	55,16	5,11	2,15	72,66	82,14	64,75	82,13	48,06
6) „ 11½ мѣс. . . .	71,14	?	?	4,44	2,33	70,13	82,40	66,01	82,79	49,00
7) „ 13 мѣс.	72,00	94,15	57,18	9,18	4,83	74,34	81,60	66,95	81,89	49,33
8) „ 16 мѣс.	70,95	94,00	56,11	2,14	4,03	72,08	83,15	67,25	82,82	48,76
„ 20 мѣс.	72,13	93,51	58,01	8,01	7,13	73,00	80,76	67,33	84,66	50,13

II. Вторая категорія опытовъ.

А) Опыты съ листвой дуба.

	Перешло въ водный растворъ въ %.									
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl
Изъ листьевъ:										
1) Подвер. разложенію втеченіе 1 мѣс., при условіяхъ даннаго опыта, перешло въ растворъ .	15,19	10,11	14,16	96,79	88,35	13,49	23,15	12,66	34,16	—
2) Подвер. разлож. втеченіе 3 мѣс. перешло въ растворъ еще . .	3,15	0,81	2,53	—	Сл.	0,63	3,15	0,21	4,58	Сл.
3) „ 4 мѣс. „	8,13	0,63	7,13	—	Сл.	0,87	0,56	0,89	7,34	—
4) „ 5½ мѣс. „	—	4,01	Сл.	Сл.	5,03	0,36	1,12	—	0,88	—
5) „ 11½ мѣс. „	9,01	8,38	1,68	0,53	7,03(?)	10,15	2.16	Сл.	1,56	11,13
6) „ 13 мѣс. „	—	1,15	Сл.	—	—	2,13	Сл.	3,55	—	0,17
7) „ 16 мѣс. „	1,53	3,16	4,11	Сл.	Сл.	4,18	—	1,36	0,63	—
Всего за 16 мѣсяцевъ опыта перешло въ растворъ (%)	37,01	28,25	29,61	97,32	100,41*)	31,81	30,14	18,67	49,15	11,30

*) Погрѣшность анализа.

B) Опыты со степнымъ сѣномъ.

	Перешло въ водный растворъ въ %									
	SiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Mn_3O_4	SO_3	Cl
Изъ сѣна:										
1) Подвергавшагося разложенію втеченіе 1 мѣс. при условіяхъ даннаго опыта, перешло въ растворъ	16,02	7,13	0,80	**93,74**	**96,01**	9,15	5,11	—	20,11	—
2) подвергавш. разл. втеченіе 3-хъ мѣс. перешло въ растворъ еще.	—	6,18	4,53	Сл.	—	3,16	3,44	—	10,13	—
3) „ 4-хъ мѣс. „	Сл.	4,18	—	Сл.	—	9,11	7,15	—	0,83	—
4) „ $5^1/_2$ мѣс. „	0,93	1,10	—	—	—	0,83	0,18	11,14	0,55	—
5) „ $11^1/_2$ мѣс. „	2,66	0,73	Сл.	—	0,27	—	4,11	0,83	1,14	13,02
6) „ 13 мѣс. „	7,13	0,35	6,13	1,17	—	4,15	—	—	—	2,16
7) „ 16 мѣс. „	Сл.	—	1,51	2,09	1,15	7,11	—	1,11	—	—
8) „ 20 мѣс. „	4,45	2,33	3,13	Сл.	—	1,57	—	4,05	0,44	0,17
Всего за 20 мѣсяцевъ опыта перешло въ растворъ (%).	**31,19**	**32,00**	**16,10**	**97,00**	**97,43**	**35,08**	**19,99**	**17,13**	**33,20**	**15,35**

Всѣ вышеприведенныя цифры даютъ намъ возможность *во 1-хъ)*, составить себѣ понятіе о *сравнительной быстротѣ процессовъ минерализаціи* у различныхъ, взятыхъ для опытовъ, растительныхъ матеріаловъ и *во 2-хъ)*, что особенно для насъ важно — *выяснить качественную сторону* разсматриваемаго вопроса, т.-е., *установить* въ общихъ чертахъ *послѣдовательность отщепленія* различныхъ растворимыхъ соединеній у различныхъ растительныхъ матеріаловъ, разлагающихся притомъ при различныхъ, созданныхъ постановкой опытовъ, условіяхъ.

I. *По первому вопросу* болѣе полныя данныя представляютъ опыты первой категоріи, гдѣ взято было большее количество различныхъ объектовъ. При расмотрѣніи цифръ этихъ опытовъ, намъ приходится констатировать, что энергія процессовъ минерализаціи протекаетъ у всѣхъ взятыхъ для опытовъ объектовъ съ совершенно различнымъ темпомъ, а именно:

У *корней*—процессъ этотъ протекаетъ съ такой быстротой и энергіей, что спустя уже 3 мѣсяца отъ начала разложенія—процессъ этотъ можно было бы считать почти законченнымъ, такъ какъ, элементы золы оказались къ тому времени вымытыми въ громадныхъ количествахъ (нѣкоторые почти на-цѣло), а дальнѣйшее отщепленіе ихъ почти уже не подвигалось впередъ [1]).

[1]) *Wollny* („Die Zersetzung"... etc. s. 107), опредѣляя быстроту разложенія различныхъ остатковъ по количеству выдѣляемой CO_2, нашелъ, наоборотъ, что корни обладаютъ въ этомъ отношеніи большей стойкостью, чѣмъ листья и даже стебли. Изъ описанія опытовъ не видно однако, въ какой стадіи развитія растительнаго организма (въ данномъ случаѣ—соя) бралъ авторъ эти корни. Химическій составъ послѣднихъ долженъ рѣзко отличаться другъ отъ друга—взяты ли корни во время, напр., роста растенія, или послѣ его созрѣванія и т. п. И это различіе должно касаться какъ органическихъ, такъ и зольныхъ составныхъ частей корневой системы. Нѣсколько дальше (l. c. s. 113) Wollny именно указываетъ, что чѣмъ больше заключаетъ въ себѣ разлагающійся матеріалъ растворимыхъ минеральныхъ соединеній—тѣмъ подверженъ онъ болѣе быстрому и энергичному разложенію. Для нашихъ же опытовъ, какъ мы видѣли, служили какъ разъ корни весьма богатые содержаніемъ зольныхъ веществъ (см. анализъ золы ихъ—стр. 50).

Болѣе стойкой оказывается *листва дуба*. Спустя $5^1/_2$ мѣсяцевъ отъ начала опыта—въ водный растворъ стали однако переходить такія крупныя количества зольныхъ соединеній, что можно было ожидать скораго окончанія этого процесса. Дѣйствительно, анализы стекающихъ жидкостей (спустя $11^1/_2$ 13, 16 и 20 мѣсяцовъ отъ начала опыта), свидѣтельствуютъ о крайне медленномъ ходѣ дальнѣйшаго процесса минерализаціи.

Еще менѣе подверженной разлагаемости оказывается третій, взятый для опыта матеріалъ—*степное сѣно*. Болѣе или менѣе законченнымъ процессъ минерализаціи мы могли бы считать у этого матеріала лишь послѣ 16 мѣсячнаго его разложенія.

Совершенно своеобразную картину даетъ намъ послѣдній объектъ — *хвоя сосны*. Отщепленіе отъ послѣдней зольныхъ элементовъ, при разложеніи ея, идетъ съ такой медленностью и постепенностью, что даже и спустя 20 мѣсяцевъ отъ начала опыта — процессъ этотъ мы должны считать *далеко* еще не законченнымъ (опыты съ хвоей продолжаются). Здѣсь не безъ вліянія оказываются, вѣроятно, смолистыя вещества этого объекта, препятствующія свободному смачиванію его водою и ихъ антисептическое дѣйствіе, а также, быть можетъ, особое устройство оболочекъ этихъ растительныхъ остатковъ, или особо-прочная форма въ нихъ минерало—органическихъ соединеній и т. п.

То, что съ такой опредѣленностью выяснено въ этомъ направленіи опытами 1-й категоріи—мы можемъ отчасти наблюдать и въ опытахъ другой категоріи; здѣсь мы также можемъ подмѣтить, что степное сѣно разлагается значительно медленнѣе, и отщепленіе отъ него вслѣдствіе этого минерализованныхъ продуктовъ происходитъ несравненно меньшими порціями чѣмъ у листвы дуба. Но только здѣсь мы имѣемъ не столь рельефную картину, такъ какъ послѣдняя затемняется своеобразнымъ ходомъ разложенія растительныхъ остатковъ въ этомъ рядѣ опытовъ (объясненіе которому будетъ приведено ниже). Уста-

навливается, такимъ образомъ, *правильное соотношеніе между количествомъ вымываемыхъ водой зольныхъ и органическихъ веществъ изъ свѣжихъ, неподвергавшихся процессамъ разложенія растительныхъ остатковъ* съ одной стороны (стр. 51 и 52) и *энергіей, съ которой протекаетъ у этихъ объектовъ процессъ постепенной минерализаціи при ихъ разложеніи*—съ другой. Дѣйствительно—всѣ эти растительные матеріалы по количеству заключающихся въ нихъ растворимыхъ соединеній располагаются, какъ мы видѣли, въ слѣдующемъ порядкѣ: корневая система, листва, сѣно, и, наконецъ, хвоя. Въ томъ же порядкѣ мы должны были бы расположить эти объекты и по энергіи ихъ разлагаемости.

Перенося эти выводы въ природу, мы можемъ думать, что, напр., *корневая система отмершихъ растеній*, находясь притомъ обычно въ довольно благопріятныхъ условіяхъ увлажненія, вѣроятно, уже къ зимнимъ мѣсяцамъ того же года отдаетъ почвѣ бо́льшую часть заключающихся въ ней зольныхъ соединеній и должна считаться, въ силу этого, наиболѣе подвижнымъ и богатымъ (вспомнитъ составъ ея золы стр. 50) источникомъ въ почвѣ легко-растворимыхъ (а, слѣдовательно и удобоусвояемыхъ для растеній) соединеній. Принимая же во вниманіе, съ какой легкостью и въ какихъ сравнительно громадныхъ количествахъ вымываются водою изъ растительныхъ корней (еще и не подвергавшихся процессамъ разложенія) органическія вещества—должны признать этотъ объектъ ближайшимъ и наиболѣе дѣятельнымъ источникомъ образованія въ почвѣ гумусовыхъ веществъ.

Точно также и при характеристикѣ другихъ растительныхъ матеріаловъ (остатковъ степной растительности, листвы древесныхъ породъ, хвои и т. п.) въ качествѣ или гумусообразователей или въ качествѣ источника обогащенія почвы легкоусвояемыми минеральными веществами—мы должны принимать во вниманіе не только внѣшнія условія разложенія (t° окру-

жающей среды, влажность и др.) и не только количество отмирающей въ данномъ районѣ растительности, *но и способность послѣдней къ разлагаемости вообще*, обусловливаемую свойствами ея строенія, состава и т. п. Мы видѣли, напр., что хвоя, находясь даже въ сравнительно весьма благопріятныхъ условіяхъ для разложенія—тѣмъ не менѣе отдавала въ растворъ лишь самыя незначительныя количества заключающихся въ ней составныхъ частей. И этотъ фактъ мы не можемъ не принимать во вниманіе при изученіи, напр., условій накопленія гумуса въ почвахъ подъ хвойными лѣсами или обогащенія этихъ почвъ легко-растворимыми минеральными соединеніями, играющими, какъ извѣстно, такую важную роль въ жизненныхъ процессахъ и растеній и почвы.

II. Теперь обратимся ко второму, болѣе важному вопросу, а именно *къ выясненію*, на основаніи вышеприведенныхъ аналитическихъ данныхъ, *послѣдовательности отщепленія растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ* у различныхъ, взятыхъ для опыта, растительныхъ матеріаловъ при процессахъ ихъ разложенія.

Въ этомъ отношеніи результаты, полученные нами въ первой и второй категоріяхъ опытовъ, представляются настолько различными, что ихъ необходимо разсмотрѣть отдѣльно.

А) *Въ первомъ рядѣ опытовъ* (когда, слѣдовательно, накопляющіеся растворимые продукты разложенія оставались опредѣленное, болѣе или менѣе продолжительное, время при разлагающемся матеріалѣ)—*ходъ постепенной минерализаціи листвы дуба* представляется намъ въ слѣдующимъ видѣ.

Объектъ этотъ, какъ то видно изъ цифръ вышеприведенной таблицы, *взятый въ свѣжемъ состояніи*, содержитъ въ себѣ довольно крупныя количества растворимыхъ въ водѣ соединеній калія, фосфора, сѣры, магнія; сравнительно небольшія количества соединеній извести и желѣза, и еще меньшія—SiO_2, Mn_3O_4 и Na_2O.

Подвергаясь разложенію въ теченіе 1 мѣсяца (при сравнительно благопріятныхъ условіяхъ увлажненія и t°) матеріалъ этотъ начинаетъ отдавать водѣ нѣсколько большія количества упомянутыхъ веществъ; *при этомъ CaO и MgO оказываются уже вымытыми почти на-цѣло* (а именно CaO—97,32% отъ первоначальнаго количества и MgO—86,97%).

Послѣдующіе анализы стекающихъ жидкостей (спустя 3, 4 и 5½ мѣсяцевъ отъ начала опыта) свидѣтельствуютъ о продолжающемся неуклонномъ теченіи процесса разложенія; приэтомъ до нѣкоторой степени можно подмѣтить ту особенность, что, чѣмъ дальше продвинулся процессъ разложенія, тѣмъ дальнѣйшее отщепленіе минерализованныхъ продуктовъ совершается какъ бы все слабѣе и слабѣе [1]. Спустя 5½ мѣсяцевъ отъ начала опыта,—K_2O, P_2O_5, SO_3, Fe_2O_3 и даже SiO_2 оказываются въ стекающихъ растворахъ уже въ весьма значительныхъ количествахъ. *Между тѣмъ CaO (также и MgO) въ дальнѣйшемъ ходѣ разложенія—снова* начинаютъ переходить въ растворъ въ *сравнительно небольшихъ количествахъ*. Все указываетъ на то, что *вещества эти снова какимъ то образомъ начинаютъ закрѣпляться при разлагающемся матеріалѣ*. Цифры анализовъ, произведенныхъ еще позднѣе (спустя 11½ 13, 16 и 20 мѣсяцевъ отъ начала опыта), по сравненію съ предыдущими случаями, измѣряются часто уже величинами, на которыхъ затруднительно базировать какія-либо заключенія.

Процессъ дальнѣйшей минерализаціи даннаго объекта мы можемъ считать, такимъ образомъ, какъ бы законченнымъ. Стекающій растворъ все время показывалъ *нейтральную* реакцію. Цвѣтъ этого раствора—совершенно прозрачный, блѣдно-окрашенный въ желтоватый оттѣнокъ.

Такимъ образомъ—по отношенію къ листвѣ дуба мы устанавливаемъ ту характерную особенность, проявляемую этимъ

---

[1]) Ср. аналогичныя выводы Wollny (l. c. s. 105), сдѣланныя имъ на основаніи измѣренія количества выдѣляющейся CO_2.

объектомъ при своемъ разложеніи, что *известь и магнезія, заключающіяся въ немъ, выпадаютъ въ растворъ при первыхъ же стадіяхъ этого процесса почти на-цѣло. По мѣрѣ же развитія процессовъ разложенія—вещества эти, если только они остаются при разлагающемся матеріалѣ — снова какимъ то образомъ закрѣпляются послѣднимъ, и снова начинаютъ итти въ растворъ въ значительно-меньшихъ количествахъ. Далѣе,* какъ это мы можемъ довольно ясно подмѣтить изъ вышеприведенныхъ цифръ, *наиболѣе легко выпадаютъ въ растворъ* Fe_2O_3, SO_3 *отчасти и* SiO_2. *Что касается соединеній калія и фосфора, то они остаются въ разлагающемся матеріалѣ наиболѣе долго.*

Совершенно аналогичную картину даютъ намъ наблюденія надъ процессами минерализаціи *степного сѣна.* Правда, — этотъ объектъ оказался гораздо болѣе стойкимъ и не такъ легко разлагающимся, какъ листья дуба (процессъ минерализаціи у него можно было бы считать законченнымъ, какъ мы видѣли раньше, лишь послѣ 16-ти мѣсячнаго разложенія его), но все же и по отношенію къ нему мы усматриваетъ тѣ же характерныя особенности: *вымываніе на-цѣло Ca и Mg въ первыя же стадіи разложенія, снова закрѣпленіе ихъ при дальнѣйшемъ ходѣ этого процесса, сравнительно легкое отщепленіе соединеній сѣры и желѣза и запаздываніе появленія въ растворѣ соединеній калія и фосфора.*

Цвѣтъ стекающей жидкости—блѣдно-окрашенный. Реакція все время нейтральная.

Что касается опытовъ *съ хвоей сосны*, то они, какъ я уже упомянулъ выше, еще не закончены. Анализъ стекающей жидкости спустя 20 мѣсяцевъ отъ начала опыта показываетъ такія еще незначительныя сравнительно количества перешедшихъ въ растворъ зольныхъ соединеній, что процессъ минерализаціи этого объекта мы должны считать еще *далеко* не законченнымъ, а потому и выводы изъ этихъ опытовъ дѣлать пока преждe-

временно. Считаю необходимымъ все же подчеркнуть, что и въ *данномъ случаѣ подмѣчается та же тенденція къ быстрому сравнительно съ прочими зольными соединеніями и энергичному отщепленію Ca и Mg* (почти нà-цѣло вымытыми мы можемъ считать ихъ уже спустя $5^1/_2$ мѣсяцевъ отъ начала опытовъ, когда другія зольныя соединенія переходили въ растворъ еще сравнительно въ ничтожныхъ количествахъ). Дальнѣйшаго закрѣпленія ихъ при разлагающемся матеріалѣ— однако рѣзко не наблюдается.

Наконецъ—что касается до опытовъ съ *корнями ячменя*, то изъ полученныхъ аналитическихъ данныхъ трудно сдѣлать какія-либо опредѣленныя заключенія о послѣдовательности отщепленія, при разложеніи этого матеріала,—CaO, MgO, SO_3, P_2O_5 и пр. Слишкомъ быстро шелъ у даннаго объекта этотъ процессъ. Сѣрная кислота, напр., кали и фосфоръ оказываются спустя 3 мѣсяца отъ начала опыта уже почти нà-цѣло вымытыми. Между тѣмъ CaO и MgO,—столь легко выпадавшіе въ растворъ при предыдущихъ опытахъ съ листвой, сѣномъ и хвоей, оказываются во второмъ анализѣ стекающей жидкости (т.-е. спустя 1 мѣсяцъ отъ начала опыта) наоборотъ въ слишкомъ небольшихъ количествахъ. Является предположеніе, что для столь легко разлагающагося матеріала нами были взяты слишкомъ большіе промежутки времени, и что втеченіе перваго же мѣсяца его разложенія, быть можетъ, успѣлъ уже совершиться наблюденный нами по отношенію къ другимъ растительнымъ матеріаламъ, фактъ быстраго и энергичнаго отщепленія соединеній кальція и магнія и обратное его, какимъ то способомъ, закрѣпленіе при разлагающемся матеріалѣ. Такимъ образомъ—для болѣе детальнаго и точнаго изученія процессовъ минерализаціи у столь легко разлагающагося объекта, слѣдовало бы изслѣдовать стекающіе растворы черезъ менѣе продолжительные сроки (напр. черезъ недѣлю, черезъ двѣ и т. п.). Но такихъ данныхъ у меня пока не имѣется.

Помимо всего сказаннаго мы подмѣчаемъ по отношенію ко всѣмъ матеріаламъ, служившимъ для опыта, любопытный фактъ, а именно, что процессы разложенія ихъ не идутъ до конца, а какъ бы останавливаются на извѣстной границѣ. Мы видимъ, что, несмотря на подвинувшіеся сравнительно далеко процессы разложенія, часть зольныхъ элементовъ все же остается въ растительномъ матеріалѣ прочно закрѣпленной. Задача дальнѣйшихъ изслѣдованій рѣшить вопросъ, временно ли такое явленіе, и какъ долго и до какихъ границъ оно наблюдается у *различныхъ* растительныхъ остатковъ.

В) *Совершенно другая картина рисуется намъ при разсмотрѣніи цифръ, полученныхъ во второй категоріи нашихъ опытовъ* (когда, слѣдовательно, накопляющіеся растворимые продукты систематически удалялись изъ разлагающагося матеріала и изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ путемъ промыванія послѣдняго водой черезъ извѣстные, во всякомъ случаѣ короткіе, промежутки времени).

Посмотримъ сначала, какъ шелъ процессъ разложенія, въ условіяхъ даннаго опыта, у *листвы дуба.*

Первый анализъ собранныхъ сухихъ остатковъ былъ произведенъ спустя 1 мѣсяцъ отъ начала опытовъ. Здѣсь мы снова констатируемъ, что, несмотря на сравнительно короткій срокъ, *въ растворъ перешли* между тѣмъ, можно считать, *почти нацѣло и CaO и MgO.* Что касается остальныхъ зольныхъ соединеній, то въ стекающемъ растворѣ приходится ихъ открывать въ довольно небольшихъ количествахъ (сравнительно съ соотвѣтствующими анализами, полученными въ опытахъ I-й категоріи), но тѣмъ не менѣе присутствіе въ растворѣ и такихъ количествъ упомянутыхъ соединеній указываетъ намъ, что разложеніе даннаго объекта идетъ все же впередъ, т.-е., ведетъ къ все большему отщепленію отъ него минерализованныхъ продуктовъ.

Послѣдующіе анализы заставляютъ насъ сдѣлать однако

совершенно неожиданное заключеніе, а именно: признать, что *дальнѣйшіе процессы разложенія даннаго растительнаго матеріала какъ бы совсѣмъ замираютъ.* Дѣйствительно, количества переходящихъ въ стекающую жидкость растворимыхъ зольныхъ продуктовъ выражаются въ данномъ случаѣ такими ничтожными величинами, что можно безошибочно считать дальнѣйшіе процессы разложенія почти прекратившимися.

Сравнимъ эти количества съ соотвѣтственными числами, полученными при опытахъ I-й категоріи:

	За 16 мѣсяцевъ перешло въ растворъ:		
	Въ опытахъ I-й категоріи (стр. 66).	Въ опытахъ II-й категоріи (стр. 70).	Разница.
	%	%	%
SiO_2.	63,94	37,01	26,93
K_2O	77,96	28,25	49,71
Na_2O	74,13	29,61	44,52
CaO	3,14	97,32	Объясненіе см. ниже.
MgO.	7,03	100,41 (?)	
P_2O_5	74,98	31,81	43,17
Fe_2O_3	74,11	30,14	43,97
Mn_3O_4	56,71	18,67	38,04
SO_3	87,73	49,15	38,58
Cl.	82,03	11,30	70,73

Разница въ количествахъ вымываемыхъ зольныхъ соединеній въ обѣихъ категоріяхъ опытовъ получается, такимъ образомъ, весьма крупная. Не забудемъ при этомъ, что вышеприведенныя цифры, относящіяся къ опытамъ I-й категоріи, являются почти аналогичными съ тѣми, которыя мы наблюдали *уже спустя $5^1/_2$ мѣсяцевъ* отъ начала опыта. Такимъ образомъ, указанная разница должна представляться намъ еще болѣе рѣзкой, такъ какъ мы сравниваемъ, въ сущности говоря, съ одной стороны—растворимые продукты разложенія, образо-

вавшіеся спустя $5^1/_2$ мѣсяцевъ отъ начала опыта, съ другой— по истеченіи 16-ти.

Прежде чѣмъ дать объясненіе факту угнетеннаго процесса разложенія листвы, наблюдаемому нами въ условіяхъ даннаго опыта, разсмотримъ сначала соотвѣтственныя цифры, полученныя нами въ опытахъ съ другимъ растительнымъ матеріаломъ, *степнымъ сѣномъ*. Здѣсь мы снова наталкиваемся на аналогичные же результаты: *быстрое и энергичное вымываніе*, въ первыя же стадіи разложенія, *CaO и MgO* и *затѣмъ—какъ бы полное угнетеніе процесса дальнѣйшаго разложенія въ послѣдующіе дни*. Спустя 20 мѣсяцевъ отъ начала опыта все еще значительно бо́льшая часть зольныхъ соединеній остается закрѣпленной въ данномъ растительномъ матеріалѣ, тогда какъ въ соотвѣтственныхъ опытахъ первой категоріи съ тѣмъ же объектомъ мы наблюдали почти полную минерализацію его уже спустя 16 мѣсяцевъ отъ начала опыта.

Сравнимъ полученныя цифры съ соотвѣтственными цифрами, установленными нами при опытахъ первой категоріи:

За 20 мѣсяцевъ перешло въ растворъ [1]):

	За 20 мѣсяц. перешло въ растворъ [1]):		
	Въ опытахъ I-й категоріи (стр. 68).	Въ опытахъ II-й категоріи (стр. 71).	Разница.
	%	%	%
SiO_2	78,93	31,19	47,74
K_2O	71,40	32,00	39,40
Na_2O	81,13	16,10	65,03
CaO	10,45	97,00	Объясненіе
MgO	3,01	97,43	см. ниже.
P_2O_5	82,95	35,08	47,87
Fe_2O_3	79,14	19,99	59,15
Mn_3O_4	87,33	17,13	70,20
SO_3	89,01	33,20	55,81
Cl	43,77	15,35	28,42

[1]) И здѣсь, въ сущности говоря, цифры, касающіяся опытовъ I-й кате-

Такимъ образомъ, *составъ стекающихъ жидкостей въ опытахъ I-й и II-й категоріи, представляется совершенно различнымъ.*

Кромѣ того, я долженъ еще прибавить, что и цвѣтъ этихъ растворовъ представлялъ собой глубокія различія. Въ опытахъ I-й категоріи стекающая жидкость, какъ мною и упомянуто выше, была совершенно прозрачна со слегка желтоватымъ оттѣнкомъ. *Реакція ея за все время опытовъ была нейтральная.* Между тѣмъ, въ опытахъ II-й категоріи жидкость эта имѣла временами темный оттѣнокъ (въ толстыхъ слояхъ она представлялась иногда растворомъ, имѣющимъ даже цвѣтъ слабаго кофе). При выпариваніи въ ней всегда (даже тогда, когда глазъ не подмѣчалъ указанной темной окраски) появлялись хлопья темнобураго цвѣта. *Реакція стекающей жидкости* (особенно въ опытахъ съ листвой) *приблизительно на 50 день отъ начала опыта сдѣлалась явственно кислой.* Обстоятельство это, крайне важное, дѣлаетъ, мнѣ кажется, вполнѣ понятнымъ тотъ своеобразный ходъ разложенія растительныхъ остатковъ, который мы наблюдаемъ въ опытахъ описываемой категоріи. Дѣйствительно, разъ мы констатируемъ образованіе въ разлагающемся матеріалѣ *соединеній кислотнаго характера* (CO_2 и другія органическія кислоты), то этимъ, несомнѣнно, создается совершенно неблагопріятная среда для жизни тѣхъ микроорганизмовъ, которые вызываютъ процессы разложенія органическаго вещества. Процессы эти должны тогда или прекратиться совсѣмъ, или итти угнетеннымъ темпомъ, что̀ мы и наблюдаемъ какъ разъ въ описываемыхъ опытахъ. Но почему же въ опытахъ первой категоріи, когда продукты разложенія оставались при разлагающемся матеріалѣ, мы не наблюдаемъ того же явленія, а, наоборотъ, замѣчаемъ неуклонный и правиль-

---

горіи, являются тожественными съ тѣми цифрами, которыя мы наблюдали по отношенію къ данному объекту *уже спустя* $11^1/_2$ *мѣс. отъ начала опыта.* Тѣмъ рельефнѣй должна представляться намъ указанная выше разница.

ный ходъ этого процесса, ведущій къ все бо́льшему накопленію минерализованныхъ продуктовъ? Здѣсь, надо полагать, отвѣтъ можетъ быть одинъ, а именно: *выпадающая почти на́цѣло* въ первыя же стадіи разложенія, *CaO* (*и MgO*), *оставаясь при разлагающемся матеріалѣ, связываетъ образующіяся постепенно кислоты*, создаетъ, такимъ образомъ, нейтральную среду и тѣмъ самымъ способствуетъ правильному ходу продолжающейся минерализаціи органическихъ остатковъ. Наоборотъ, въ опытахъ II-й категоріи выпадающая въ первыя же стадіи разложенія почти на-цѣло CaO (и MgO)—все время, по условіямъ опыта, вымывается водой и, такимъ образомъ, удаляется изъ сферы взаимодѣйствія съ образующимися въ разлагающемся матеріалѣ кислотами. Дальнѣйшій ходъ разложенія растительныхъ остатковъ идетъ такимъ образомъ въ этихъ условіяхъ, *безъ нейтрализующаго участія извести* (если не считать ничтожнаго количества ея, остающагося, быть можетъ, закрѣпленнымъ въ растительномъ матеріалѣ). Въ результатѣ— кислая среда и угнетенность всѣхъ процессовъ разложенія.

Подтвержденіе этимъ соображеніямъ мы можемъ видѣть и въ другихъ фактахъ. Какъ я указалъ выше, стекающій растворъ въ I-й категоріи опытовъ былъ совершенно прозрачнаго, слегка желтоватаго цвѣта (различныхъ оттѣнковъ у различныхъ, служившихъ для опытовъ, объектовъ). Наоборотъ, въ опытахъ другой категоріи (когда, слѣдовательно, перешедшая въ растворъ CaO была вымыта водой уже въ первые дни этого опыта) стекающая жидкость была временами темнаго оттѣнка; при выпариваніи ея всегда выпадали хлопья темно-бураго цвѣта. Припоминая экспериментальныя изслѣдованія проф. *Слезкина* (а также данныя *Hilgard*'а, *Ramann*'а и др.), изложенныя нами выше (стр. 29), по которымъ слѣдуетъ, что CaO является необходимымъ факторомъ для закрѣпленія гумусовыхъ веществъ и для перехода послѣднихъ изъ растворимаго состоянія въ свернутое, нерастворимое, не могли бы мы именно

этимъ процессомъ объяснить разницу въ цвѣтѣ получаемыхъ растворовъ? Дѣйствительно, въ опытахъ I-й категоріи известь, какъ извѣстно, оставалась при разлагающемся матеріалѣ; образующіяся въ растворѣ темноцвѣтныя гумусовыя соединенія она могла, согласно упомянутымъ изслѣдованіямъ проф. *Слезкина* и др., переводить въ свернутое, нерастворимое состояніе. Образовавшіяся нерастворимыя перегнойно-известковыя соединенія оставались, такимъ образомъ, при разлагающемся матеріалѣ и въ стекающую жидкость не переходили. Этимъ именно процессомъ надо объяснить и непонятный на первый взглядъ *фактъ уменьшенія въ растворѣ соединеній извести*, который, какъ мы видѣли, наблюдается въ анализахъ послѣдующихъ растворовъ: часть извести тамъ снова закрѣпляется и снова переходитъ въ нерастворимое состояніе. Такимъ образомъ, въ стекающихъ позднѣе жидкостяхъ мы не наблюдаемъ ни большого количества извести, ни тѣхъ перегнойныхъ соединеній, которыя могли бы придать имъ болѣе или менѣе темный оттѣнокъ.

Наоборотъ, въ опытахъ II-й категоріи мы лишили разлагающійся матеріалъ соединеній извести, можно сказать, въ первые же дни его разложенія; образующіяся въ немъ различныя растворимыя перегнойныя вещества, не встрѣчая на своемъ пути соединеній извести, свободно переходили въ стекающій растворъ, изъ котораго потомъ и выпадали при выпариваніи послѣдняго.

Высказанныя соображенія подтверждаются, наконецъ, еще и тѣмъ, что осторожное прибавленіе раствора извести къ стекающей жидкости изъ сосудовъ I-й категоріи, въ скоромъ времени (особенно при нагрѣваніи) вызывало въ ней образованіе темнаго облака, которое при кипяченіи жидкости, быстро свертывалось въ темнобурыя хлопья. При фильтрованіи эти послѣднія оставались на фильтрѣ; фильтратъ же получался совершенно прозрачный, блѣдно окрашенный.

Итакъ, участіе извести во всѣхъ указанныхъ процессахъ мнѣ представляется несомнѣннымъ.

Резюмируя всѣ тѣ соображенія, которыя являются у насъ при разсмотрѣніи цифръ, полученныхъ при описанныхъ опытахъ, мы приходимъ, такимъ образомъ, къ слѣдующимъ выводамъ:

Въ тѣхъ случаяхъ, когда растворимые въ водѣ продукты разложенія растительныхъ остатковъ остаются при разлагающемся матеріалѣ и не выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ, тогда процессы этого разложенія и отщепленіе, какъ результатъ этихъ процессовъ, растворимыхъ минерализованныхъ продуктовъ изъ растительныхъ остатковъ идутъ нормальнымъ и послѣдовательнымъ ходомъ [1]. *Опредѣленный характеръ разложенія въ данномъ случаѣ обусловливается присутствіемъ при разлагающемся матеріалѣ извести, выпадающей въ растворъ, обычно почти на-цѣло, въ первыя же стадіи этого процесса и создающей, путемъ нейтрализованія образующихся при разложеніи кислотъ, благопріятную среду для дальнѣйшаго нормальнаго хода этого процесса.*

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда растворимые въ водѣ продукты разложенія растительныхъ остатковъ систематически удаляются изъ разлагающагося матеріала и выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ, тогда, въ виду того, что этимъ путемъ, въ первыя же стадіи этого разложенія, удаляется почти на-цѣло CaO, въ разлагающейся массѣ накопляются продукты кислотнаго характера и дальнѣйшій ходъ нормальнаго разложенія растительныхъ остатковъ начинаетъ итти угнетеннымъ темпомъ.

---

[1]) Здѣсь все время имѣются въ виду процессы разложенія органическихъ остатковъ, происходящіе при болѣе или менѣе благопріятныхъ внѣшнихъ условіяхъ увлажненія, t°, доступа воздуха и т. п., словомъ, принимаются пока во вниманіе процессы „тлѣнія". („Verwesung", „Eremakausis").

Въ природѣ, при естественныхъ условіяхъ, мы должны встрѣчаться съ обоими указанными случаями и, конечно, цѣлымъ рядомъ постепенныхъ между ними переходовъ.

Въ тѣхъ районахъ, гдѣ въ силу ли особыхъ метеорологическихъ условій, или въ силу особенностей рельефа, физико-механическихъ свойствъ почвы или подпочвы и т. п. мы можемъ ожидать быстраго отвода большого количества воды и растворенныхъ въ ней продуктовъ разложенія органическихъ остатковъ, тамъ на лицо будетъ второй изъ описанныхъ нами случаевъ,—особенно при бѣдности растительныхъ остатковъ, а также и почвы, черезъ которую просачиваются эти продукты, соединеніями извести. Не то ли, въ дѣйствительности, видимъ мы въ нашихъ, напр., сѣверныхъ широтахъ, гдѣ обиліе осадковъ, и гдѣ мы сплошь да рядомъ встрѣчаемся со сквознымъ и быстрымъ промываніемъ почвъ и грунтовъ? Основываясь на результатахъ нашихъ опытовъ II-й категоріи, мы можемъ предвидѣть, что соединенія CaO (и MgO) изъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ будутъ въ упомянутыхъ широтахъ энергично и въ громадныхъ количествахъ растворяться въ атмосферной водѣ и быстро удаляться изъ сферы разлагающагося матеріала и изъ поверхностныхъ горизонтовъ почвы. Создаются условія благопріятныя для накопленія продуктовъ кислотнаго характера. Эти послѣдніе, все болѣе накопляясь, вызовутъ въ почвѣ цѣлый рядъ своеобразныхъ взаимоотношеній, которыми и характеризуется подзолообразовательный процессъ. Если количества ежегодно отмирающей растительной массы велики и не будутъ успѣвать, въ условіяхъ кислой среды, въ значительной мѣрѣ разлагаться и минерализоваться къ слѣдующему году, то мы встрѣтимся со случаемъ накопленія въ почвахъ большого количества полуразложившихся растительныхъ остатковъ въ видѣ массъ торфа и т. п. Регулярное внесеніе извнѣ извести можетъ повернуть указанные процессы въ совершенно другую сторону. Конечно, высказанныя соображенія

далеко не исчерпываютъ собой вопроса объ установленіи всѣхъ непосредственныхъ причинъ подзолообразовательнаго процесса. Тутъ надо, конечно, принимать во вниманіе и особенности температуры упомянутаго физико-географическаго района, и значеніе обилія осадковъ въ качествѣ фактора, могущаго создать анаэробную среду для процессовъ разложенія и пр. и пр. Но въ виду того, что *ближайшія причины* образованія въ почвахъ указаннаго района продуктовъ кислотнаго характера все же представляются до сихъ поръ почти совершенно не выясненными, приводимый нами выше фактъ энергичнаго отщепленія извести и быстраго удаленія ея атмосферными осадками изъ разлагающагося матеріала, можетъ все-таки служить дла насъ *однимъ изъ соображеній*, помогающихъ выяснить себѣ ближе сущность и химизмъ причинъ подзолообразованія.

Противоположный случай въ природѣ, при естественныхъ условіяхъ, мы, наоборотъ, должны встрѣтить тамъ, гдѣ мало выпадаетъ атмосферныхъ осадковъ, или гдѣ, въ силу ли значительной влагоемкости поверхностныхъ горизонтовъ почвы или ихъ трудной водопропускаемости, мелкоземистости и т. п., мы не ожидаемъ быстраго и постояннаго отвода воды и растворенныхъ въ ней продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ, гдѣ, слѣдовательно, продукты эти остаются въ извѣстной мѣрѣ въ соприкосновеніи съ разлагающимся матеріаломъ и другъ съ другомъ. Въ описываемомъ случаѣ процессы разложенія должны идти въ томъ направленіи, какъ это установлено по отношенію къ опытамъ I-й категоріи, т.-е., мы въ правѣ ожидать энергичнаго и нормальнаго хода этихъ процессовъ, ведущихъ за собой постепенную минерализацію согнивающихъ растительныхъ остатковъ (если, конечно, излишняя сухость климата или слишкомъ низкая t° не остановятъ на извѣстной стадіи этого процесса).

Близкія къ приведенному примѣру условія почвообразованія встрѣчаемъ мы въ нашей степной черноземной полосѣ. Характеръ выпаденія атмосферныхъ осадковъ въ указанномъ районѣ, своеобразныя физическія свойства чернозема и т. п.—создаютъ, какъ извѣстно, и своеобразную картину проникновенія и распространенія въ немъ влаги. Послѣднее обстоятельство часто ведетъ къ тому, что на извѣстной глубинѣ образуется такъ наз. *„мертвый горизонтъ“* [1]) изсушенія, т.-е. тотъ горизонтъ, куда ни атмосферная вода не проникаетъ сверху, ни грунтовая вода капиллярно не поднимается снизу. Словомъ, скажемъ мы, въ такихъ почвахъ далеко не всегда встрѣтимся мы съ явленіемъ сквозного промачиванія. Послѣднее имѣетъ свою границу, измѣняющуюся, конечно, въ зависимости отъ условій погоды, рельефа и т. п. Въ указанныхъ условіяхъ образующіеся растворимые продукты разложенія согнивающей растительности не будутъ выходить изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ, а, главное, соединенія извести будутъ оставаться все время въ „живомъ“ слоѣ, будутъ все время связывать образующіяся перегнойныя кислоты [2]), переводить темноцвѣтныя гумусовыя вещества въ нерастворимое, свернутое состояніе и пр., словомъ, будутъ создавать благопріятныя условія для правильнаго хода разложенія отмирающей растительной массы и для закрѣпленія темноцвѣтныхъ продуктовъ этого разложенія въ поверхностныхъ же горизонтахъ почвы. И если мы не ви-

---

[1]) *Высоцкій.* Гидрологич. и гео-біологич. наблюденія въ Вел.-Анадолѣ („Почвовѣдѣніе“ 1899 г.); id.—цѣлый рядъ статей въ „Трудахъ Экспедиціи“ и въ „Почвовѣдѣніи“.

[2]) Особенно, если принять во вниманіе богатство почвы и подпочвы разсматриваемаго типа соединеніями извести.

Кстати—не могли ли бы мы и это богатое скопленіе въ черноземныхъ почвахъ извести объяснить *отчасти* результатомъ разложенія растительныхъ остатковъ? Своеобразное распредѣленіе въ этихъ почвахъ горизонтовъ „бѣлоглазки“ говоритъ, повидимому, за это предположеніе.

димъ въ черноземной полосѣ полной минерализаціи всѣхъ отмирающихъ растительныхъ остатковъ, то обстоятельство это должны приписать тормозящему вліянію на этотъ процессъ холодныхъ, безснѣжныхъ зимъ и сухости климата.

ГЛАВА III.

Дальнѣйшая судьба растворимыхъ продуктовъ разложенія въ почвѣ. Характеръ измѣненій, претерпѣваемыхъ почвой подъ вліяніемъ вмываемыхъ въ нее растворимыхъ продуктовъ разложенія: a) при условіяхъ систематическаго, сквозного промыванія почвы образующимися продуктами, и b) при условіяхъ продолжительнаго соприкосновенія этихъ продуктовъ съ составными частями почвы. Соотвѣтственные опыты съ черноземомъ. Искусственно вызываемые въ немъ процессы *деградаціи*. Опыты съ сѣрой лѣсной почвой. Искусственно вызываемыя въ ней процессы *„реградаціи"*, т.-е. обратнаго превращенія въ черноземный типъ. Какое значеніе имѣютъ всѣ эти измѣненія, претерпѣваемыя почвой, въ жизни культивируемыхъ растеній вообще и длиннокорныхъ—въ частности. Процессъ перераспредѣленія этимъ путемъ плодородія въ различныхъ почвенныхъ горизонтахъ. Гибель степныхъ искусственныхъ лѣсныхъ насажденій, какъ слѣдствіе своеобразныхъ условій поступленія въ почву растворимыхъ продуктовъ разложенія опадающей листвы.

Изъ тѣхъ данныхъ, которыя приведены въ предыдущей главѣ, мы, такимъ образомъ, усматриваемъ:

Во-1-хъ, что различные растительные матеріалы обладаютъ различной энергіей разлагаемости, причемъ энергія эта находится въ прямой связи съ количествомъ въ данномъ матеріалѣ легко растворимыхъ въ водѣ зольныхъ веществъ.

Во-2-хъ, что чѣмъ дальше идутъ процессы разложенія растительныхъ остатковъ, тѣмъ труднѣе подвигается впередъ процессъ отщепленія отъ нихъ минерализованныхъ продуктовъ.

Въ-3-хъ, что для *полной* минерализаціи разлагающихся растительныхъ остатковъ требуется, повидимому, весьма про-

должительный періодъ времени—тѣмъ большій, конечно, чѣмъ менѣе благопріятны окружающія условія этого разложенія (t°, влага, доступъ воздуха и пр.). Наши опыты, по крайней мѣрѣ, указываютъ, что, несмотря на сравнительно благопріятныя условія увлажненія и температуры, всѣ, взятые для этихъ опытовъ, растительные объекты, минерализовались всегда лишь *до опредѣленнаго предѣла* (различнаго для каждаго матеріала), послѣ котораго дальнѣйшій ходъ минерализаціи дѣлается уже неуловимымъ. Такимъ образомъ, часть органическихъ соединеній, несмотря на благопріятныя внѣшнія условія, остается все же закрѣпленной въ разлагающемся матеріалѣ весьма продолжительное время, которое надо измѣрять, повидимому, годами.

Въ-4-хъ, что при разложеніи растительныхъ остатковъ— первыми веществами, идущими въ растворъ и притомъ почти нацѣло—являются известь и магнезія. Соединенія же калія и фосфора являются наиболѣе прочно закрѣпленными въ растительномъ матеріалѣ и начинаютъ выпадать въ растворъ въ большихъ сравнительно количествахъ лишь послѣ того, какъ процессы разложенія достигли глубокой стадіи. Что касается Fe_2O_3, SiO_2, Mn_3O_4, SO_3 и др., то строгой какой-либо послѣдовательности въ процессахъ ихъ отщепленія изъ разлагающихся объектовъ, наблюдать пока не удается; и, наконецъ,

Въ-5-хъ, что энергія и характеръ разложенія растительныхъ остатковъ представляются намъ совершенно различными— остаются ли продукты этого разложенія продолжительное время при разлагающемся матеріалѣ и въ соприкосновеніи другъ съ другомъ, или же систематически удаляются изъ разлагающагося матеріала (атмосферными водами) и, такимъ образомъ, выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ.

Процессы, о которыхъ идетъ рѣчь, т.-е. процессы постепенной минерализаціи разлагающихся растительныхъ остатковъ, раствореніе продуктовъ этой минерализаціи въ томъ или другомъ количествѣ выпадающихъ осадковъ и дальнѣйшее проник-

новеніе ихъ въ болѣе или менѣе глубокіе горизонты почвы—представляютъ собой, конечно, самое распространенное и естественное явленіе въ природѣ—въ почвахъ лѣсовъ, луговъ, полей—словомъ, всюду, гдѣ есть растительные остатки и достаточное количество атмосферныхъ осадковъ. Растворяемыя водой вещества изъ отмершихъ листьевъ, стеблей, сучьевъ, корней и пр., ежегодно поступая въ почву и принимая, благодаря своей удобоподвижности, самое близкое участіе во многихъ физическихъ, химическихъ и біологическихъ ея процессахъ, должны быть отнесены къ однимъ изъ важнѣйшихъ естественныхъ факторовъ почвообразованія, и должны играть, благодаря своей растворимости и „удобоусвояемости", первенствующую роль въ вопросахъ питанія растеній и плодородія почвы.

Въ виду сказаннаго, представляется крайне важнымъ и необходимымъ прослѣдить дальнѣйшую судьбу, претерпѣваемую этими растворами въ почвѣ. Какіе изъ минерализованныхъ продуктовъ поглощаются почвой, и въ какихъ количествахъ? какія требуются для этихъ процессовъ условія? не претерпѣваютъ ли эти продукты при просачиваніи черезъ почву какихъ-либо измѣненій въ своей „удобоусвояемости"? не перераспредѣляется ли ежегодно этимъ путемъ плодородіе почвы по различнымъ горизонтамъ послѣдней? какой смыслъ и значеніе имѣютъ эти процессы для послѣдующихъ поколѣній растеній? и пр. и пр.—все это вопросы, которые, естественно, возникаютъ передъ нами при ознакомленіи со всѣми вышеприведенными фактами.

Конечно, выясненіе всѣхъ этихъ процессовъ представляетъ собой крайне трудную и сложную задачу, и на всѣ вышепоставленные вопросы, конечно, не можетъ быть какого-либо одного опредѣленнаго отвѣта. Дѣйствительно, судьба, претерпѣваемая въ почвѣ проникающими въ нее растворимыми продуктами разложенія, будетъ крайне разнообразна въ зависимости отъ того,—а) *каковы физическія свойства той или другой почвы,*

т.-е. какъ быстро и глубоко проводитъ она черезъ себя эти растворы, и какъ долго, такимъ образомъ, послѣдніе задерживаются въ ея порахъ и находятся въ соприкосновеніи съ ея составными частями и т. п.; b) *каковъ химическій составъ почвы*, что, конечно, налагаетъ вполнѣ опредѣленную печать на характеръ тѣхъ или другихъ реакцій составныхъ частей почвы съ притекающими растворами; c) *каковы метеорологическія условія* даннаго района, какъ много выпадаетъ осадковъ, какова t° воздуха и пр.; d) *каковъ рельефъ* данной мѣстности— имѣется ли налицо полная утилизація выпадающихъ осадковъ или стокъ части послѣднихъ въ другія, болѣе пониженныя мѣста; e) *каковъ составъ* отмирающей ежегодно растительной массы, *каково ея количество* и пр. и пр. Все это условія, которыя налагаютъ свою опредѣленную печать на характеръ взаимодѣйствія почвы съ притекающими растворами. Выяснить всѣ эти вопросы по отношенію къ различнымъ растительнымъ остаткамъ, къ различнымъ типамъ почвъ, при различныхъ естественно-историческихъ условіяхъ и пр., возможно, конечно, лишь путемъ долголѣтнихъ, совмѣстныхъ работъ.

Мои, описываемые ниже опыты, имѣютъ въ виду, такимъ образомъ, выясненіе лишь нѣкоторыхъ, пока частныхъ случаевъ изъ всѣхъ перечисленныхъ выше. Всѣ эти вопросы представляются до сихъ поръ почти совершенно не изученными, а нѣкоторыя стороны ихъ даже и незатронутыми. Этимъ я въ значительной степени хотѣлъ бы оправдать всю, хорошо сознаваемую мною, неполноту и незаконченность излагаемыхъ ниже изслѣдованій.

Работы, касающіяся изученія судьбы, претерпѣваемой въ почвѣ растворимыми въ водѣ *органическими* соединеніями, въ качествѣ ли источниковъ гумусообразованія въ почвѣ, или въ качествѣ факторовъ, растворяющимъ образомъ дѣйствующихъ на ея минеральныя составныя части, выходятъ изъ рамокъ нашей задачи. Литература этихъ работъ приведена на стр. 7,

а часть ихъ, имѣющая болѣе или менѣе близкое отношеніе къ нашей задачѣ, изложена на стр. 21 и слѣд. Непосредственный интересъ для нашихъ, ниже излагаемыхъ изслѣдованій, представляетъ лишь работа *Костычева* „Образованіе и свойства перегноя“ [1]), хотя и въ этой работѣ авторъ касается болѣе спеціальнаго вопроса, а именно—о возможности экспериментальнымъ путемъ вызвать деградаціонные процессы въ черноземѣ. Работа же *Ramann*'а „Die Waldstreu“... etc. [2]), въ которой авторъ касается изученія тѣхъ измѣненій въ физическихъ свойствахъ и химическомъ составѣ, которыя претерпѣваетъ лѣсная почва при систематическомъ удаленіи съ нея накопляющейся лѣсной подстилки (какъ источника различныхъ растворимыхъ въ водѣ соединеній), въ виду спеціальныхъ задачъ, которыя преслѣдовались при этомъ авторомъ,—имѣетъ для насъ лишь побочный интересъ.

Костычевъ, для того, чтобы получить представленіе о томъ, что можетъ происходить въ черноземѣ при повторяющемся просачиваніи сквозь него растворовъ, получающихся изъ растительныхъ остатковъ, произвелъ слѣдующіе опыты.

Почва изъ Велико-Анадольскаго Лѣсничества (Екатеринославск. губ.) помѣщена была въ 2 цилиндрическіе сосуда слоемъ въ 6 дюймовъ; почвы взято было 3 килогр., и въ одномъ сосудѣ почва закрыта была слоемъ дубовыхъ опавшихъ листьевъ въ количествѣ 150 гр. Послѣ этого, почва поливалась водою каждый разъ въ такомъ количествѣ, чтобы она не могла задержать всей воды, но чтобы часть послѣдней проходила въ подставленные внизу стаканы. Всего для поливки употреблено:

Для чернозема съ покровомъ изъ листьевъ . . 10100 с.с.
„ „ безъ покрова „ „ . . 10125 „

[1]) Труды С.-Петерб. Общ. Естествоиспыт. 1889. т. XX, стр. 153—155.
[2]) „Die Waldstreu und Ihre Bedeutung für Boden und Wald“, 1890, S. 54 и слѣд.

Въ подставленные стаканы фильтровались совершенно безцвѣтные растворы, изъ которыхъ вскорѣ осѣдало бѣлое вещество, какъ оказалось, углекислая известь, выщелачиваемая изъ почвы (въ видѣ двууглекислой соли). Опытъ продолжался годъ; вода, прошедшая сквозь почву, собиралась и выпаривалась въ платиновыхъ чашкахъ и затѣмъ твердый остатокъ анализированъ.

При этомъ найдено:	Въ сухой почвѣ %.	Въ растворѣ граммовъ. Съ листв. покровомъ.	Въ растворѣ граммовъ. Безъ покрова.
Органич. вещ.	8,461	—	—
Химич. связ. H_2O . . .	3,257	—	—
Потеря при прокалив. . .	11,718	1,9012	1,2530
Растворилось въ соляной к.:			
SiO_2	16,508	0,3128	0,1705
Al_2O_3	6,337	0,2704 (вмѣстѣ съ Fe_2O_3)	0,0204 (вмѣстѣ съ Fe_2O_3)
Fe_2O_3	4,984		
Mn_2O_3	0,234	0,1018	0,0219
CaO	2,088	1,3569	1,7618
MgO	1,715	1,3483	0,3667
K_2O	0,736	0,0726	0,0496
Na_2O	0,103	0,0654	0,0593
P_2O_5	0,168	0,0053	слѣды.
SO_3	слѣды.	0,0839	0,1611
CO_2	0,424	—	—
Всего цеолитн. вещ. . .	24,938		
„ нерастворим. (глина, песокъ).	63,344		

Послѣ опыта опредѣлено было содержаніе органическихъ веществъ въ почвѣ изъ обоихъ сосудовъ. Оказалось:

Въ почвѣ съ покровомъ изъ листьевъ . . 7,3%
„ „ безъ покрова „ „ . . 6,57%

Такъ какъ въ почвѣ было въ началѣ 253,83 гр. орган. вещ., то, слѣдовательно, за годъ изъ этого количества разложилось:

Съ покровомъ	34,80 гр.
Безъ покрова.	56,70 „

Черноземная почва послѣ опыта измѣнила свой цвѣтъ, приблизившись въ этомъ отношеніи къ сѣрымъ землямъ. Изъ нея извлечено было при лиственномъ покровѣ около 6 гр. минеральныхъ веществъ, а безъ подстилки—4 гр. (т.-е., 0,2°/₀ и 0,13°/₀). Кромѣ того почва сдѣлалась менѣе связной, чѣмъ также приблизилась къ сѣрымъ землямъ.

Изложенные опыты Костычева съ полной очевидностью, такимъ образомъ, показываютъ, какія глубокія измѣненія претерпѣвать можетъ почва подъ вліяніемъ притекающихъ сверху растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ. Но ближайшая картина взаимодѣйствія этихъ продуктовъ между собою и съ составными частями почвы, остается совершенно невыясненной. Каковъ былъ первоначальный составъ притекающаго раствора изъ дубовыхъ листьевъ, какъ шло постепенное поступленіе въ почву отдѣльныхъ составныхъ частей этого раствора, какова была бы картина, если бы образующіеся растворимые продукты не удалялись систематически изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ, почему CaO и SO_3 оказались въ стекающей жидкости изъ почвы безъ лиственнаго покрова въ бо̀льшемъ количествѣ, чѣмъ изъ почвы съ покровомъ и т. д., все это вопросы, которые невольно возникаютъ при болѣе внимательномъ разсмотрѣніи вышеприведенныхъ цифръ и которые остаются вмѣстѣ съ тѣмъ безъ отвѣта. Но вмѣстѣ съ тѣмъ я хотѣлъ бы подчеркнуть изъ вышеизложенныхъ опытовъ *Костычева* тотъ, въ высшей степени знаменательный для насъ фактъ, что *энергія разложенія органическихъ веществъ въ почвѣ, при систематическомъ удаленіи изъ по-*

слѣдней растворимыхъ продуктовъ этого разложенія, *идетъ болѣе замедленнымъ темпомъ* (втеченіе года въ почвѣ разложилось всего 34,80 гр. органич. вещ. вмѣсто 56,70 гр.!) Сопоставляя зтотъ фактъ съ фактомъ быстраго отщепленія и выпаденія „*вскоръ*" (какъ говоритъ авторъ) изъ стекающихъ жидкостей углекислой извести (стр. 154 цитируемой работы) и припоминая тѣ выводы, которые сдѣланы были нами въ предыдущей главѣ на основаніи нашихъ опытовъ съ различными растительными объектами, не могли ли бы мы въ этомъ констатированномъ авторомъ фактѣ видѣть новое подтвержденіе упомянутымъ нашимъ выводамъ? Съ этой точки зрѣнія, картина взаимодѣйствія притекающаго сверху раствора изъ дубовой листвы съ составными частями взятой для опыта черноземной почвы, рисуется намъ въ слѣдующемъ видѣ: при разложеніи растительнаго матеріала, служившаго покровомъ, выпадала въ первыя же стадіи этого разложенія въ большихъ количествахъ известь (въ какихъ именно, неизвѣстно, такъ какъ авторомъ не приводится ни составъ золы взятыхъ листьевъ, ни составъ отщепляющихся отъ этого матеріала растворовъ). По условіямъ опыта, образующіеся растворимые продукты все время систематически удалялись изъ разлагающагося матеріала, (главнымъ образомъ, слѣдовательно, CaO), и изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ. Въ такомъ случаѣ, въ разлагающейся средѣ, согласно нашимъ опытамъ, изложеннымъ въ предыдущей главѣ, должны появляться продукты кислотнаго характера, которыя, создавая неблагопріятную обстановку для жизнедѣятельности микроорганизмовъ, ведутъ именно къ угнетенію идущихъ процессовъ разложенія, что̀ мы какъ разъ и видимъ въ изложенныхъ опытахъ *Костычева*. Что въ сосудѣ, служившемъ для опыта (съ лиственнымъ покровомъ) была кислая среда, въ этомъ едва ли можно сомнѣваться, принимая во вниманіе картину довольно энергичнаго растворенія изъ почвы всѣхъ зольныхъ соединеній, которая рисуется намъ при разсмотрѣніи

цифръ приведеннаго анализа и которая представляется, дѣйствительно, столь характерной для деградаціонныхъ процессовъ вообще.

Что касается до упомянутыхъ выше изслѣдованій *Ramann*'а [1]), имѣвшихъ въ виду изученіе измѣненія нѣкоторыхъ физическихъ свойствъ и химическаго состава лѣсныхъ почвъ подъ вліяніемъ систематическаго удаленія съ нихъ лѣсной подстилки, то изслѣдованія эти имѣли своею задачею спеціальную цѣль, а именно, показать, какъ обѣдняются вообще почвы (особенно песчаныя) минеральными веществами при удаленіи съ нихъ опадающей листвы и какъ ухудшаются при этомъ ихъ нѣкоторыя физическія свойства. Въ этой работѣ авторъ штудируетъ, такимъ образомъ, вопросъ о лѣсной подстилкѣ, какъ вообще объ источникѣ легко-растворимыхъ, удобоусвояемыхъ для растеній веществъ, не касаясь ближе процессовъ взаимодѣйствія послѣднихъ съ почвой, а также какъ вообще о факторѣ, играющемъ видную роль въ вопросахъ накопленія и сбереженія почвенной влаги, измѣненія порозности почвы, ея структуры и т. п. [2]). Съ этой точки зрѣнія цитируемая работа представляетъ для нашей задачи въ настоящее время лишь косвенный интересъ.

Наконецъ, вопроса о процессахъ взаимодѣйствія растворимыхъ минерализованныхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ съ составными частями почвы, касается нѣсколько и моя работа [3]), которая изложена подробно мною въ I-й главѣ (стр. 35—40) и на которой теперь можно, такимъ образомъ, не останавливаться.

Другихъ работъ экспериментальнаго характера, кромѣ вышеупомянутыхъ, которыя касались бы изученія процессовъ взаимо-

---

[1]) „Die Waldstreu“, etc.

[2]) См. также *Wollny*. „Die Zersetzung der Organischen Stoffe“, etc. s. 307 и слѣд.

[3]) „О водныхъ растворахъ минеральн. составн. частей“, etc.

дѣйствія *минеральныхъ* растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ съ составными частями почвы, и которыя представляли бы тѣмъ самымъ непосредственный интересъ для поставленной нами задачи—мнѣ неизвѣстно.

Въ настоящее время мною предпринятъ рядъ систематическихъ въ этомъ отношеніи опытовъ съ различными типами почвъ, съ различными растительными объектами и пр. Часть этихъ опытовъ до нѣкоторой степени закончена, и я излагаю ихъ ниже.

I. Опыты съ черноземомъ.

Опыты эти были организованы мною съ цѣлью выяснить, какія измѣненія въ химическомъ составѣ претерпѣваетъ эта почва при проникновеніи въ нее растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ; при этомъ имѣлось въ виду опять два случая: a) когда эти растворимые продукты все время систематически удаляются изъ почвы путемъ промыванія водой, и изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и b) когда продукты эти продолжительное время находятся въ соприкосновеніи съ данной почвой и другъ съ другомъ.

Послѣдній случай схематически уподоблялся тому случаю въ природѣ, когда, въ силу ли особыхъ метеорологическихъ условій, или въ силу особыхъ физико-механическихъ свойствъ почвы или подпочвы, рельефа и т. п., накопляющіеся растворимые продукты разложенія растительныхъ остатковъ не выходятъ продолжительное время изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и съ составными частями почвы.

Первый случай, въ свою очередь, могъ бы насъ приблизить къ схематическому выясненію измѣненій, претерпѣваемыхъ почвой подъ вліяніемъ притекающихъ сверху растворовъ, въ тѣхъ районахъ, гдѣ, въ силу тѣхъ или другихъ естественно-историческихъ условій, имѣется налицо, наоборотъ, быстрый

отводъ изъ почвенныхъ горизонтовъ атмосферной воды, а съ ней вмѣстѣ и растворенныхъ въ ней солей.

I. Въ цѣляхъ изученія тѣхъ измѣненій, которыя претерпѣваетъ черноземная почва при постоянномъ сквозномъ промываніи ея растворимыми въ водѣ продуктами разложенія растительныхъ остатковъ, мною были организованы слѣдующіе опыты:

Взятъ былъ высокій металлическій сосудъ, состоящій изъ двухъ отдѣльныхъ частей, входящихъ другъ въ друга. Верхняя часть была вышиной въ 43 сант., нижняя—въ 23 сант. Діаметръ сосуда=15 сант.

Въ верхнюю часть были помѣщены *осиновые* листья, въ количествѣ 750 гр. Въ нижнюю часть насыпана была черноземная почва въ количествѣ 2 килогр. Та и другая часть сосуда отдѣлялись другъ отъ друга мелкой металлической сѣткой. Подъ описаннымъ комбинированнымъ сосудомъ помѣщенъ былъ большой стеклянный стаканъ для собиранія стекающей жидкости.

Черноземная почва была взята сравнительно легкая, супесчаная (Курской губ., Льговск. у.) для того, чтобы просачиваніе притекающей сверху жидкости совершалось сквозь нее безпрепятственно.

Сравнительно весьма большое количество листвы (750 гр.) по отношенію къ количеству почвы, служившей для опыта, взято было умышленно, чтобы получить нѣсколько форсированный процессъ, а съ нимъ и болѣе ясную, опредѣленную картину измѣненій, претерпѣваемыхъ при этомъ процессѣ почвой. Опытъ продолжался 13 мѣсяцевъ.

Въ началѣ опыта воды прилито было сверху большое количество, чтобы добиться сквозного промыванія. Когда изъ почвы начала почти безпрерывно сочиться въ подставленный стаканъ жидкость, приливаніе сверху воды стало производиться меньшими порціями и нерегулярно, лишь бы поддерживать без-

прерывное промываніе данной почвы тѣми растворимыми продуктами, которые поступали въ нее изъ разлагающейся листвы.

Стекающая жидкость (*часто совершенно темнаго цвѣта*), по мѣрѣ накопленія, измѣрялась, и опредѣленный объемъ ея выпаривался (*сосудъ № 1-й*). Всего воды прилито было за все время опыта—около 14 литровъ [1]).

Въ качествѣ контрольнаго опыта служилъ одновременно другой металлическій сосудъ, который представлялъ собой лишь нижнюю часть описаннаго выше. Въ немъ помѣщалась одна почва (2000 гр.), но безъ листвы. Сосудъ этотъ служилъ для параллельнаго изученія того, сколько и какихъ веществъ растворяла изъ данной почвы, сравнительно съ вышеупомянутымъ растворомъ, чистая вода. Опытъ продолжался и съ этимъ контрольнымъ сосудомъ также 13 мѣсяцевъ. Промываніе водой въ обоихъ сосудахъ производилось одновременно. Всего воды для промыванія почвы взято было также около 14 литровъ. Стекающая жидкость (блѣдно окрашенная въ слабо-желтый цвѣтъ), по мѣрѣ накопленія, измѣрялась и опредѣленный объемъ ея выпаривался (*сосудъ № 2-й*).

Наконецъ, для того, чтобы знать составъ раствора, получавшагося почвой изъ разлагающихся листьевъ, взятъ былъ 3-й сосудъ, представлявшій собой лишь верхнюю часть описаннаго выше комбинированнаго сосуда. Въ послѣдній помѣщено было 750 гр. осиновыхъ листьевъ. Для промыванія этого матеріала взято было также около 14 литровъ воды (втеченіе 13 мѣсяцевъ) (*сосудъ № 3-й*).

Такимъ образомъ, путемъ анализа стекающихъ жидкостей во всѣхъ трехъ сосудахъ, мы имѣемъ возможность составить себѣ точное понятіе, во-1-хъ, о томъ, сколько и какихъ веществъ выщелачиваетъ дистиллированная вода изъ осиновыхъ

---

[1]) Это количество воды (см. таблицу на стр. 46), какъ мы видѣли, является вполнѣ достаточнымъ для растворенія изъ *даннаго* растительнаго объекта всего, имѣющагося въ немъ растворимаго.

листьевъ, служившихъ для опыта; во-2-хъ, сколько и какихъ веществъ выщелачиваетъ дистиллированная вода изъ данной почвы, и, наконецъ, въ 3-хъ, о томъ, какія измѣненія претерпѣваетъ почва въ своемъ составѣ при промываніи ея растворимыми продуктами разложенія даннаго растительнаго матеріала, т.-е. какія составныя части ея сдѣлались болѣе растворимыми и какія вещества изъ притекающихъ сверху растворовъ были поглощены ею.

Что касается нѣкоторыхъ физическихъ свойствъ, механическаго и химическаго состава взятой черноземной почвы, то цифры этихъ анализовъ приведены въ слѣдующей таблицѣ. Механическій составъ опредѣлялся по способу *Osborn'*а. Что касается химическаго состава, то для характеристики данной почвы мною былъ опредѣленъ какъ общій, валовой ея составъ (разложеніемъ 33% HF), такъ и общее количество удобоподвижнаго матеріала—цеолитныхъ веществъ (по 10% горячей солянокислой вытяжкѣ).

1) Физическія свойства чернозема.

Влагоемкость = 42,8%.
Гигроскопичность = 8,9%.
Водопропускающая способность:

Время проникновенія воды (25 с.с.) черезъ слой почвы въ 20 сант.—4 ч. 10 м.

2) Поглотительная способность къ NH_3.

(Методомъ взбалтыванія почвы съ растворомъ NH_4Cl) = = 30,83%.

3) Механическій составъ (въ $^0/_0$).

Вода, корешки и др. органич. примѣси.	Скелетъ. 2 mm.—1 mm.	1—0,5.	0,5—0,25.	Мелкоземъ. 0,25—0,01.	меньше 0,01.
13,80	—	0,01	1,91	71,25	13,03

4) Химическій составъ въ $^0/_0$ высушенной при 105° почвы.

	33% HF.	10% горячая HCl.
K_2O	0,913	0,306
Na_2O	0,126	0,014
CaO	0,994	0,987
MgO	0,400	0,369
Mn_2O_3	0,056	0,048
Fe_2O_3	2,994	1,891
Al_2O_3	8,848	4,233
P_2O_5	0,128	0,113
SiO_2	50,005	8,549
SO_3	0,011	0,011
Остатокъ, нерастворимый въ HF . .	20,459	
Гумусъ		6,97
Гигроскопич. вода . .		7,85

Теперь обратимся къ результатамъ анализа стекающихъ растворовъ.

Если предположить, что изъ воднаго раствора разлагающихся растительныхъ остатковъ почвой не было поглощено

ничего, и что, съ другой стороны, упомянутый растворъ выщелочилъ въ сосудѣ № 1-ый изъ почвы лишь то, что̀ можетъ вымыть изъ нея дистиллированная вода, то цифры анализа стекающей жидкости въ этомъ сосудѣ должны совпадать съ цифрами, выражающими сумму веществъ въ стекающихъ жидкостяхъ сосудовъ № 2 и № 3. Отклоненія въ ту или другую сторону покажутъ намъ, въ какомъ направленіи пошли процессы поглощенія, или, наоборотъ, выщелачиванія.

Анализы эти сведены мною въ нижеслѣдующей таблицѣ:

	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ II (одна почва). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ.	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ III (одна листва). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ.	Сумма.	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ I (почва+листья) Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ.	Въ стекающей жидкости изъ сосуда I-го находится веществъ *больше*, чѣмъ въ суммѣ стекающихъ жидкостей изъ сосудовъ II+III на грам.
SiO_2	0,0022	1,0072	0,0094	1,9904	1,9810
K_2O	0,0280	0,8221	0,8501	4,3070	3,4569
Na_2O	0,0183	0,0618	0,0801	0,1058	0,0257
CaO	6,0925	27,2001	33,2926	46,2958	13,0032
MgO	2,5582	8,0242	10,5824	15,2872	4,7048
P_2O_5	0,0032	1,5730	1,5752	2,0097	0,4345
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	0,0014	0,1002	0,1016	23,7451	23,6435
Mn_3O_4 . . .	—	0,3246	0,3246	0,5813	0,2567
SO_3	0,0989	2,4052	2,5041	2,5902	0,0861
Органическ. вещ. . . .	18,8151	38,6605	57,4756	57,2022	—

Зная же, каковъ общій запасъ въ 2000 гр. данной почвы различныхъ зольныхъ соединеній (на основаніи анализа 33% HF—стр. 103)—мы съ достаточной точностью можемъ

теперь вычислить, сколько въ % потеряла эта почва каждаго изъ этихъ элементовъ *подъ вліяніемъ* продуктовъ *разлагающагося въ условіяхъ даннаго опыта, лиственнаго покрова*, а именно:

	Въ 2 килогр. почвы находится въ граммахъ.	Изъ двухъ килогр. почвы перешло въ водный растворъ подъ вліяніемъ продуктовъ разложенія листьевъ—въ граммахъ.	въ %
SiO_2	1000,100	1,9810	0,19
K_2O	18,2600	3,4569	18,93
Na_2O	2,520	0,0257	1,02
CaO	19,880	13,0032	65,40
MgO	8,000	4,7048	58,81
P_2O_5	2,560	0,4345	16,98
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	226,840	23,6435	10,42
Mn_3O_4	1,120	0,2567	22,91
SO_3	0,220	0,0861	39.13

Не будемъ забывать, что, *по условіямъ нашихъ вычисленій, указанный % вымыванія изъ почвы каждаго въ отдѣльности элемента—приходится на работу исключительно тѣхъ продуктовъ*, которые поступаютъ въ данную почву изъ разлагающагося матеріала—*за вычетомъ растворяющаго* въ свою очередь *дѣйствія воды*. Но такъ какъ въ дѣйствительности—работа этихъ факторовъ, конечно, суммируется, то для истиннаго представленія дѣйствительной потери данной почвой ея зольныхъ элементовъ—въ условіяхъ описаннаго опыта—мы должны *прибавить* къ вычисленнымъ выше количествамъ тѣ величины, которыми измѣряется выщелачивающее дѣйствіе чистой воды. Такимъ образомъ, получаемъ:

	Въ 2 килогр. почвы находится въ граммахъ.	Изъ 2 килогр. почвы чистая вода вымываетъ въ граммахъ: (стр. 104).	въ %	Суммарное растворяющее дѣйствіе воды и продуктовъ разложенія—въ %.
SiO_2	1000,1	0,0022	0.0002	0,1902
K_2O	18,26	0,0280	0,15	19,08
Na_2O	2,52	0,0183	0,72	1,74
CaO.	19,88	6,0925	30,64	96,04
MgO.	8,00	2,5582	31,97	90,78
P_2O_5.	2,560	0,0032	0,12	17,10
$Al_2O_3+Fe_2O_3$. .	226,84	0,0014	0,0006	10,4206
Mn_3O_4.	1,120	—	—	22,91
SO_3	0,220	0.0989	44,95	84,08

Прежде чѣмъ заняться болѣе подробнымъ разсмотрѣніемъ полученныхъ этими анализами цифръ, приведемъ теперь пока тѣ результаты, которые получены были нами по отношенію къ *гумусу* данной почвы.

Почвы изъ сосудовъ № 1 и № 2, передъ опредѣленіемъ въ нихъ гумуса (по способу *Густавсона*) были снова промыты дистиллированной водой, взятой въ количествѣ 5 литровъ. Сдѣлать это необходимо было потому, что часть притекающихъ изъ листвы органическихъ веществъ могла быть задержана почвой въ силу лишь влагоемкости послѣдней, что̀, такимъ образомъ, могло бы повести къ неправильнымъ заключеніямъ какъ о силѣ поглощенія данной почвой органическихъ веществъ, такъ и

объ энергіи разложенія послѣднихъ въ почвѣ за весь періодъ опыта [1]). Послѣ этой промывки, почва высушивалась, тщательно перемѣшивалась и поступала для анализа.

Результаты анализовъ сведены въ слѣдующей таблицѣ:

Количество гумуса въ %:

1) Въ почвѣ передъ началомъ опытовъ . . . 6,97%
2) Въ почвѣ, подвергавшейся дѣйствію дистиллированной воды впродолженіе 13 мѣс. . . 4,02%
3) Въ почвѣ, подвергавшейся дѣйствію продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ втеченіе 13 мѣс. 5,84%

Теперь разсмотримъ ближе полученныя всѣми этими анализами цифры, и остановимся прежде всего на судьбѣ бывшаго въ почвѣ *гумуса.*

До опытовъ черноземная почва, какъ мы видѣли, содержала въ себѣ 6,97% гумуса. Будучи подвергнута втеченіе 13 мѣсяцевъ постоянному промыванію водой, она потеряла за это время 2,95% этого вещества — частью путемъ выноса водой растворимыхъ формъ его (въ чемъ мы и убѣждаемся, констатируя извѣстное количество органическаго вещества въ стекающей жидкости изъ сосуда № 2, гдѣ находилась одна почва), частью же путемъ процессовъ разложенія, которыя, благодаря optim'альнымъ условіямъ увлажненія и сравнительно благопріятнымъ условіямъ t°, должны были идти въ данной почвѣ съ достаточной энергіей. Потерю почвой такого сравнительно большого количества перегноя ясно можно было видѣть и по пріобрѣтенному данной почвой темносѣраго цвѣта

[1]) Ср. данныя моихъ опытовъ, изложенныя въ I-й главѣ.

(вмѣсто совершенно чернаго, который она имѣла первоначально — до опытовъ). Впрочемъ, разницу въ цвѣтѣ можно было легко усмотрѣть лишь когда почвы были высушены; въ увлажненномъ состояніи разница эта сглаживалась.

Такимъ образомъ, потеря черноземной почвой части своего перегноя, при условіи 13-мѣсячнаго увлажненія и промыванія водой, является вполнѣ естественнымъ процессомъ. Выражая эту потерю (2,95%), выведенную нами выше — болѣе конкретно — мы скажемъ, что изъ этого количества — 0,94% гумусовыхъ веществъ вымыто было водой (исходя изъ факта, что 2 килогр. почвы потеряли этимъ путемъ 18,8151 гр. органическихъ веществъ) и 2,01% гумусовыхъ веществъ было разрушено въ этой почвѣ путемъ процессовъ разложенія.

Посмотримъ теперь, какія измѣненія претерпѣла въ этомъ направленіи почва, находившаяся въ теченіе 13 мѣсяцевъ подъ вліяніемъ притекающихъ растворовъ изъ разлагающихся осиновыхъ листьевъ (Сосудъ № 1). Здѣсь мы, правда, констатируемъ также нѣкоторое уменьшеніе гумуса (5,84% вмѣсто первоначальныхъ 6,97%), но разница, какъ видимъ, совсѣмъ незначительная. Принимая во вниманіе, что изъ осиновыхъ листьевъ (сосудъ № 3) втеченіе 13 мѣсяцевъ, перешли въ растворъ довольно крупныя количества органическихъ веществъ, можно было бы думать, что, будучи вмыты въ почву, они, находясь въ сравнительно благопріятныхъ условіяхъ, разлагались тамъ почти нацѣло; а такъ какъ одновременно съ этимъ разлагался въ почвѣ, какъ мы видѣли, и собственный гумусъ, то и можно было бы этими процессами объяснить нѣкоторое уменьшеніе въ почвѣ подъ листвой количества этого вещества. Такимъ образомъ, первой мыслью является въ данномъ случаѣ предположеніе объ усиленномъ разложеніи органическихъ веществъ въ почвѣ, находящейся подъ лиственнымъ покровомъ. Но достаточно намъ обратить вниманіе на количество органическихъ веществъ, попадающихъ въ стекающую жид-

кость изъ сосуда № 1, чтобы увидѣть, что такое предположеніе было бы неправильно и убѣдиться, вмѣстѣ съ тѣмъ, что всѣ органическія вещества, вмываемыя изъ разлагающейся листвы въ почву, въ послѣдней не задерживались, а проходили, можно считать, нацѣло въ эту стекающую жидкость [1]) (я уже упомянулъ нѣсколько выше, что растворъ этотъ часто былъ совершенно темнаго цвѣта, что̀ лишній разъ указываетъ на свободное прохожденіе черезъ данную почву темноцвѣтныхъ гумусовыхъ соединеній).

Почему, такимъ образомъ, притекающіе изъ листвы органическіе растворы совершенно не задерживались данной почвой, и почему процессы разложенія гумуса, принадлежащаго самой почвѣ, подъ лиственнымъ покровомъ шли, въ условіяхъ описываемаго опыта, болѣе угнетеннымъ темпомъ, чѣмъ безъ этого покрова? Мнѣ кажется, констатированнымъ явленіямъ можно дать слѣдующее объясненіе.

Основываясь на нашихъ предыдущихъ опытахъ (см. гл. II), мы можемъ предположить, что изъ разлагающейся листвы первыми же порціями воды удаляется почти нацѣло известь и магнезія. Въ виду систематическаго сквозного промыванія почвы, упомянутыя вещества этой почвой не задерживаются, а начавшія образоваться въ разлагающейся растительной массѣ вслѣдъ за этимъ органическія и минеральныя кислоты будутъ способствовать еще болѣе энергичному выносу ихъ изъ почвы, растворяя и захватывая съ собой вмѣстѣ съ тѣмъ известь и магнезію, принадлежащія и самой почвѣ. Послѣдняя, такимъ образомъ, лишается тѣхъ составныхъ частей своихъ, которымъ обязаны гумусовыя вещества переходомъ въ коллоидальное, нерастворимое состояніе, а, слѣдовательно, и своимъ закрѣпленіемъ въ почвѣ (см. изложенные раньше опыты *проф. Слезкина и др.*).

---

[1]) Разницей въ 0,2734 гр. (на 2 килогр. почвы) мы можемъ смѣло пренебречь.

Именно *энергичнымъ выносомъ извести* (и магнезіи) изъ почвы и изъ разлагающагося растительнаго матеріала *должны мы объяснить фактъ свободнаго прохожденія* въ *стекающую жидкость тѣхъ органическихъ соединеній*, которыя отщеплялись отъ даннаго объекта и вмывались въ почву.

Съ другой стороны, выносъ изъ разлагающейся листвы и изъ почвы извести и магнезіи создаетъ, какъ мы видѣли, неблагопріятныя условія для процессовъ разложенія органическихъ веществъ и *ведетъ* такимъ образомъ *къ угнетенію этихъ процессовъ*. Громадное количество извести и магнезіи, которое мы открываемъ въ стекающей жидкости изъ сосуда № 1, является лучшимъ подтвержденіемъ только-что высказанныхъ соображеній.

Послѣ всего сказаннаго относительно возможныхъ причинъ болѣе угнетеннаго хода процесса разложенія гумуса въ почвѣ, находившейся продолжительное время подъ лиственнымъ покровомъ, сравнительно съ почвой безъ покрова, намъ становится яснымъ и *фактъ весьма энергичнаго выщелачиванія изъ почвы* (въ сосудѣ № 1) *почти всѣхъ минеральныхъ веществъ* (особенно CaO, MgO, SO_3 и K_2O). Несомнѣнно, это есть результатъ дѣятельности кислотъ, образующихся въ разлагающейся растительной массѣ и въ почвѣ. Въ частности — по отношенію къ CaO и MgO — мы должны признать, что почва потеряла ихъ втеченіе 13 мѣсяцевъ опыта почти *на́-цѣло*.

Резюмируя все сказанное, мы видимъ, такимъ образомъ, что картина, рисующаяся намъ при изученіи тѣхъ измѣненій, которыя претерпѣваетъ черноземная почва подъ вліяніемъ разлагающейся растительной массы (при условіи систематическаго промыванія ея образующимися продуктами этого разложенія) является вполнѣ аналогичной тѣмъ процессамъ, которыми мы характеризуемъ обычно *явленія деградаціи чернозема*.

Мы видимъ, что подъ лиственнымъ покровомъ въ почвѣ происходитъ (при условіяхъ сквозного промачиванія) энергич-

ное растворенiе и выносъ всѣхъ минеральныхъ веществъ и хотя и замедленный, но все же уловимый процессъ разложенiя и убыли гумуса (несмотря даже на громадное количество притекающихъ въ почву сверху органическихъ веществъ). Конечно, въ природѣ, въ обычныхъ условiяхъ, мы не встрѣтимся съ такими рѣзкими процессами (т.-е. съ такимъ энергичнымъ и быстрымъ обѣдненiемъ почвы минеральными веществами и съ такимъ, съ другой стороны, замедленнымъ ходомъ процесса разложенiя веществъ органическихъ).

Не будемъ забывать, что для нашихъ опытовъ были взяты громадныя сравнительно количества растительныхъ остатковъ и небольшое, съ другой стороны, количество почвы. При обратномъ соотношенiи (съ чѣмъ намъ обычно и приходится встрѣчаться въ природѣ) образующiяся при условiяхъ постояннаго промыванiя изъ разлагающихся остатковъ кислоты,—на извѣстной глубинѣ могутъ насыщаться все болѣе и болѣе основанiями, а позднѣе, подъ влiянiемъ тѣхъ или другихъ метеорологическихъ условiй, могутъ капиллярно подниматься кверху и тамъ, временно, создавать болѣе благопрiятную обстановку для упомянутыхъ процессовъ. Но во всякомъ случаѣ—явленiе „съѣданiя“ гумуса лѣсной растительностью и всѣ сопутствующiя деградацiи явленiя мы должны считать крайне длительнымъ процессомъ [1]).

II. Теперь обратимся къ изученiю тѣхъ измѣненiй, которыя претерпѣваетъ та же черноземная почва подъ лиственнымъ покровомъ въ томъ случаѣ, когда растворимые продукты разложенiя растительной массы продолжительное время находятся въ соприкосновенiи съ составными частями этой почвы и другъ съ другомъ.

---

[1]) При своихъ изслѣдованiяхъ въ искусственно-насажденномъ Велико-Анадольскомъ лѣсу (Екатериносл. губ.) въ теченiе лѣта 1906 и 1907 г. мнѣ ни разу не удалось напасть даже на слѣды деградацiи чернозема, несмотря на то, что нѣкоторымъ насажденiямъ тамъ уже около 60 лѣтъ.

Для выясненія этого вопроса—надо было соотвѣтствующіе опыты организовать, слѣдовательно, такимъ образомъ, чтобы весь растворъ, полученный изъ разлагающейся растительной массы, находился продолжительное время въ соприкосновеніи съ данной почвой. А такъ какъ для этихъ опытовъ взято было снова 750 гр. осиновыхъ листьевъ, то для растворенія всего, имѣющагося въ этомъ матеріалѣ растворимаго, требуется, на основаніи нашихъ опытовъ, изложенныхъ во II главѣ (стр. 46) около 14 литровъ воды. Чтобы удержать такую массу воды въ своихъ порахъ, въ силу влагоемкости, требуется, слѣдовательно взять почвы (ея влагоемкость, какъ мы видѣли = 42,8%) около *33 килогр.* При такомъ взаимномъ соотношеніи между вѣсомъ взятой почвы и общимъ количествомъ притекающихъ изъ разлагающейся массы растворенныхъ солей—являлось вполнѣ основательнымъ опасеніе—получить мало-уловимые и нерельефные результаты. Въ виду же того, что цѣлью описываемыхъ въ этой главѣ опытовъ было нарисовать пока общую схематическую картину изучаемыхъ явленій я, имѣя въ виду получить именно болѣе рѣзкіе результаты, поставилъ опыты нѣсколько иначе.

Въ вышеописанный металлическій сосудъ помѣщено было 750 гр. осиновыхъ листьевъ. Послѣдніе время отъ времени увлажнялись и постоянно поддерживались въ разрыхленномъ состояніи. Опытъ продолжался 9 мѣсяцевъ. По истеченіи этого срока подъ сосудъ съ разлагающейся растительной массой былъ подставленъ сосудъ съ черноземной почвой (взятой въ количествѣ 2 килогр.); получился, такимъ образомъ, снова комбинированный сосудъ, какъ и въ предыдущемъ описанномъ опытѣ. Послѣ этого—разлагающаяся масса была промыта первый день—литромъ воды. Когда растворъ болѣе или менѣе стекъ съ листвы въ почву—сосуды были разомкнуты, почва высыпана тонкимъ слоемъ и высушена. На второй день—снова сосуды были сомкнуты—растительная масса снова промыта литромъ

воды, почва снова высушена и т. д. По истеченіи 28 дней, когда употреблены были для растворенія всѣ 14 литр., почва въ послѣдній разъ была слегка подсушена и, будучи поддерживаема все послѣдующее время, во влажномъ состояніи, оставалась въ покоѣ (въ соприкосновеніи съ попавшими въ нее растворимыми продуктами разложенія листвы) впродолженіе 47 дней. (Сосудъ № I). Въ качествѣ перваго контрольнаго опыта служилъ металлическій сосудъ (№ II), въ которомъ помѣщалась та же почва (2 кил.). Послѣдняя также обрабатывалась одинъ день—литромъ воды, другой день—подсушивалась и т. д.—аналогично тому, что мы видѣли въ сосудѣ № I. По истеченіи 28 дней—почва эта оставлялась въ покоѣ втеченіе 47 сутокъ (въ увлажненномъ состояніи). Такимъ образомъ—путемъ соотвѣтствующихъ анализовъ—мы могли узнать, какія измѣненія производила въ данной почвѣ по сравненію съ растворимыми продуктами разложенія чистая вода и указанныя повторныя операціи.

Наконецъ—въ другомъ контрольномъ сосудѣ (№ III) помѣщались одни осиновые листья (въ количествѣ 750 гр.) Съ послѣдними производились тѣ же самыя манипуляція и въ тѣ же самые дни, какъ и въ сосудѣ № I. Такимъ образомъ—мы могли точно знать, что именно получала изъ разлагающейся растительной массы данная почва.

По истеченіи 47 дней почвы въ сосудахъ I и II были промыты 14 литрами воды. Стекающія жидкости выпарены и изслѣдованы. Растворъ же, полученный изъ разлагающихся листьевъ былъ собранъ раньше—спустя, какъ сказано выше, 9 мѣсяцевъ отъ начала опыта.

Такимъ образомъ—путемъ анализа стекающихъ жидкостей во всѣхъ 3 сосудахъ—мы имѣемъ возможность составить себѣ понятіе во 1-хъ) о томъ, сколько и какихъ веществъ выщелачиваетъ дистиллированная вода изъ осиновыхъ листьевъ, служившихъ для опыта, во 2-хъ) сколько и какихъ веществъ вы-

щелачиваетъ дистиллированная вода изъ черноземной почвы въ условіяхъ попеременнаго ея смачиванія и подсушиванія и въ 3-хъ) о томъ, какія измѣненія претерпѣваетъ почва въ своемъ составѣ, находясь втеченіе 47 дней во взаимодѣйствіи съ растворимыми продуктами разложенія даннаго растительнаго матеріала.

И въ данномъ случаѣ—если предположить, что почва, подъ вліяніемъ притекающаго раствора не претерпѣла никакихъ особыхъ измѣненій ни въ сторону поглощенія, ни въ сторону вымыванія,—сравнительно съ тѣми измѣненіями, которыя вызываются въ ней путемъ обработки чистой водой,—то въ стекающей жидкости изъ сосуда I—мы должны были бы констатировать количества зольныхъ элементовъ, равныя суммѣ этихъ элементовъ, открываемыхъ въ растворахъ изъ сосудовъ II + III. Отклоненія въ ту или въ другую сторону покажутъ намъ, въ какомъ именно направленіи пошли въ данной почвѣ измѣненія — въ условіяхъ описываемаго опыта.

Результаты этихъ анализовъ сведены въ слѣд. таблицѣ:

	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ II (почва—2000 gr.). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ:	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ III (листья — 750 gr.). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ:	Сумма въ граммахъ.	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ I (почва+листья). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ:	Почвой поглощено въ граммахъ	Почвой поглощено въ %.
SiO_2	Слѣды	1,6489	1,6489	1,6089	0,04	2,42
K_2O	0,0037	2,4801	2,4838	2,0898	0,394	15,86
Na_2O	0,0005	0,1477	0,1482	0,1205	0,0277	18,69
CaO	3,8889	3,0064	6,8953	3,1100	3,7853	54,89
MgO	1,2651	1,0288	2,2939	1,4814	0,8125	35,42
P_2O_5	0,0002	3,8018	3,8020	2,8312	0,9708	25,53
$Fe_2O_3+Al_2O_3$ . .	Слѣды	0,2345	0,2345	0,0185	0,2160	92,11
Mn_3O_4	—	0,7105	0,7105	0,6288	0,0117	1,64
SO_3	0,0231	3,8970	3,9201	1,5011	2,4190	61,70

Количество гумуса въ %:

1) Въ почвѣ передъ началомъ опытовъ (см. стр. 103) 6,97%.

2) Въ почвѣ, подвергавшейся попеременному увлажненію и подсушиванію втеченіе 28 дней, а затѣмъ стоявшей во влажномъ состояніи впродолженіи 47 сутокъ — 6,91%.

3) Id., но находившейся все время во взаимодѣйствіи съ растворимыми продуктами разложенія растительныхъ остатковъ — 8,08%.

Разсмотримъ полученныя этими анализами цифры и, какъ и въ предыдущемъ опытѣ, остановимся прежде всего на судьбѣ *гумуса* въ данной почвѣ.

Какъ видимъ—поперемѣнное увлажненіе данной почвы дистиллированной водой и послѣдующее подсушиваніе, а также увлажненное состояніе этой почвы впродолженіе $1^1/_2$ мѣсяцевъ — почти не отразились на первоначальномъ количествѣ гумуса въ ней. Разницу въ 0,06% можно считать почти въ предѣлахъ погрѣшности анализа.

За то въ почвѣ изъ сосуда I-го мы констатируемъ интереснѣйшій фактъ: весьма значительное *увеличеніе*, подъ вліяніемъ вмываемыхъ продуктовъ разложенія, въ *этой почвѣ гумусовыхъ веществъ.* Вмѣсто первоначальныхъ 6,97% анализъ открываетъ въ этой почвѣ уже 8,08%! Предположеніе, что попавшія изъ листвы перегнойныя соединенія задержались данной почвы лишь въ силу влагоемкости послѣдней,—отпадаетъ само собой, если мы вспомнимъ, какимъ большимъ количествомъ воды промыли мы предварительно данную почву. Нѣтъ сомнѣнія, что вещества эти оказались во взятой почвѣ въ какомъ-нибудь нерастворимомъ, прочно закрѣпленномъ, состояніи.

Припоминая изложенные нѣсколько раньше опыты проф. *Слёзкина* и др. касающіеся выясненія той роли, которую играетъ *известь* въ процессѣ перехода гумусовыхъ веществъ въ коллоидальное, нерастворимое состояніе, а также принимая

во вниманіе тѣ соображенія и факты, которые приведены были въ настоящей работѣ и на основаніи моихъ опытовъ, изложенныхъ въ предыдущей главѣ—едва-ли было-бы ошибкой приписать только что констатированный фактъ увеличенія гумуса въ почвѣ изъ сосуда I-го—именно закрѣпленію образующихся изъ разлагающейся растительной массы перегнойныхъ соединеній той известью, которая быстро и въ большихъ количествахъ выпадала изъ нея, какъ продуктъ ея разложенія и той известью, которая находилась въ почвѣ и, по условіямъ даннаго опыта, изъ послѣдней не вымывалась. Такимъ образомъ, мы видимъ, что гумусовыя вещества одной и той же почвы претерпѣваютъ совершенно различную судьбу въ зависимости отъ того, задерживаются ли въ этой почвѣ продолжительное время продукты разложенія растительныхъ остатковъ, или же они быстро уходятъ изъ сферы взаимодѣйствія съ ней. Результаты эти получены нами съ почвой, въ составъ которой входитъ довольно значительное количество извести (0,987%). Но можно à priori предполагать, что болѣе или менѣе аналогичную картину получимъ мы (при опредѣленныхъ условіяхъ опыта) и съ другими, болѣе бѣдными известью, типами почвъ. И въ послѣднемъ случаѣ, при отсутствіи сквозного и быстраго промоканія, мы можемъ ожидать, что выпавшая изъ растительной разлагающейся массы съ первыми-же порціями атмосферной воды почти нà-цѣло известь (см. наши опыты, изложенные въ III гл.) и опередившая, такъ сказать, послѣдующее образованіе въ этой массѣ органическихъ и минеральныхъ кислотъ—создастъ, съ одной стороны—болѣе благопріятную среду для дальнѣйшаго хода разложенія, съ другой—дастъ возможность образующимся перегнойнымъ веществамъ переходить въ нерастворимое состояніе и тѣмъ самымъ увеличивать въ этой почвѣ запасы гумуса. Соображенія эти дѣйствительно подтверждаются нашими опытами съ *лѣсной почвой*, которые излагаются нѣсколько дальше.

Что касается *зольныхъ элементовъ*, то всѣ они, судя по приведеннымъ выше цифрамъ анализа, оказываются *закрѣпленными въ почвѣ*—одни въ бо̀льшей, другіе въ меньшей степени. Обращаетъ на себя вниманіе фактъ сравнительно незначительнаго поглощенія данной почвой соединенія калія и отчасти фосфора. Принимая во вниманіе довольно энергичную поглотительную способность этой почвы, проявленную ею по отношенію къ NH_3, ($=30,83\%$)—можно было-бы ожидать болѣе рѣзкихъ результатовъ по отношенію и къ калію и фосфору. Весьма вѣроятно, что въ этомъ процессѣ извѣстную долю участія принимаетъ опять-таки известь, которая, какъ извѣстно, способствуетъ переведенію въ растворъ и калія и фосфора не только въ почвахъ, но и въ горныхъ породахъ [1]. Присутствіемъ же извести должны мы объяснить и фактъ сравнительно сильнаго поглощенія данной почвой сѣрной кислоты (образованіе малорастворимой сѣрнокислой соли). Полуторные окислы оказываются закрѣпленными въ данной почвѣ почти на̀ цѣло. Наоборотъ—кремнекислота задержана ею лишь въ ничтожныхъ количествахъ.

Резюмируя всѣ тѣ результаты, которые получены нами на основаніи вышеизложенныхъ опытовъ, мы приходимъ, такимъ образомъ, къ заключенію, что одна и та же почва (въ данномъ случаѣ, черноземная) претерпѣваетъ въ своемъ составѣ совершенно различныя, можно сказать, противоположныя измѣненія, въ зависимости отъ того, существуетъ ли, въ силу опредѣленныхъ физическихъ свойствъ почвы, или особыхъ метеорологическихъ условій, условій рельефа и т. п., сквозное промываніе данной почвы атмосферными во̀дами (и, слѣдовательно, растворенными въ нихъ продуктами разложенія отмирающей растительной массы), или, наоборотъ, эти продукты находятся продолжительное время въ сферѣ взаимодѣйствія съ составными

---

[1]) См., напр., работы *Beyer*'а, *Fittbogen*'а, *Dietrich*'а (стр. 40).

частями почвы. Въ первомъ случаѣ, мы наблюдаемъ уменьшеніе въ почвѣ гумуса и обѣднѣніе ея всѣми зольными элементами, въ другомъ, обогащеніе данной почвы какъ перегнойными, такъ и минеральными веществами. Процессы идутъ, такимъ образомъ, въ обоихъ случаяхъ въ противоположныя стороны.

Совершенно аналогичную, но по отношенію къ нѣкоторымъ отдѣльнымъ веществамъ еще болѣе рѣзко выраженную картину, приходится намъ наблюдать въ другихъ нашихъ опытахъ, а именно, съ *сѣрой лѣсной почвой*, къ изложенію результатовъ которыхъ мы и переходимъ.

II. Опыты съ сѣрой лѣсной почвой.

Опыты эти были также организованы мною съ цѣлью выяснить, какія измѣненія въ химическомъ составѣ претерпѣваетъ данная почва при проникновеніи въ нее растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ; при этомъ имѣлось въ виду опять-таки два случая: а) когда эти растворимые продукты все время систематически удаляются изъ почвы путемъ промыванія водой, и изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и b) когда продукты эти продолжительное время находятся въ соприкосновеніи съ данной почвой и другъ съ другомъ.

Почва взята была также изъ Курской губ. Результаты физико-механическаго и химическаго анализа этой почвы приводятся мною въ слѣдующей таблицѣ:

1) Физическія свойства почвы.

Влагоемкость = 35,1%.

Гигроскопичность = 6,2%.

Водопропускающая способность:

Время проникновенія воды (25 c.c.) черезъ слой почвы въ 20 сант. = 7 ч. 20 м.

2) Поглотительная способность къ NH_3.

(Методомъ взбалтыванія почвы съ растворомъ NH_4Cl) = = 21,01%.

3) Механическій составъ (въ %).

Вода, корешки и др. органич. примѣси.	Скелетъ.			Мелкоземъ.	
	2—1 mm.	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,01	Менѣе 0,01 mm.
7,30	—	1,95	5,38	56,55	28,82

4) Химическій составъ въ % высушенной при 105° почвы.

	33% HF.	10% HCl.
K_2O	1,061	0,079
Na_2O	0,204	0,003
CaO	0,041	0,032
MgO	0,093	0,051
Mn_2O_3	0,007	0,005
Fe_2O_3	0.281	0,200
Al_2O_3	1,614	0,611
P_2O_5	0,041	0,027
SiO_2.	58,840	14,18
SO_3.	0,001	0,001
Остатокъ нераствор. въ HF .	30,687	

Гумусъ 2,83

Гигроскопическая вода . . 4,02

I. Въ цѣляхъ изученія тѣхъ измѣненій, которыя претерпѣваетъ сѣрая лѣсная почва при постоянномъ сквозномъ промываніи ея растворимыми въ водѣ продуктами разложенія растительныхъ остатковъ, опыты были организованы совершенно аналогично тому, какъ описано нами выше (стр. 100 и слѣд.) по отношенію къ черноземной почвѣ.

Привожу, такимъ образомъ, прямо полученные изъ этихъ опытовъ результаты.

	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ II (одна почва—2 килогр.) Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ:	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ III (одни листья—750 ф.). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ: (*см. стр. 104*).	Сумма въ граммахъ:	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ I (почва+листья). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ:	Въ стекающей жидкости изъ сосуда I находится веществъ *больше*, чѣмъ въ суммѣ стекающихъ жидкостей изъ сосудовъ II+III на грам.
SiO_2	Слѣды.	1,0072	1,0072	1,1102	0,1030
K_2O	0,0041	0,8221	0,8262	2,8874	2,0612
Na_2O	Слѣды.	0,0618	0,0618	0,0815	0,0197
CaO	0,2027	27,2001	27,4028	27,8616	0,4588
MgO	0,3111	8,0242	8,3353	9,2700	0,9347
P_2O_5	Слѣды.	1,5730	1,5730	1,7211	0,1481
$Fe_2O_3+Al_2O_3$	Слѣды.	0,1002	0,1002	1,5001	1,3999
Mn_3O_4 . . .	—	0,3246	0,3246	0,3352	0,0106
SO_3	0,0070	2,4052	2,4122	2,4222	0,0100
Органическ. вещ. . . .	4,0211	38,6605	42,6816	42,0998	—

Выразимъ, по примѣру съ черноземной почвой, эти цифры въ $^0/_0$.

	Въ 2 килогр. почвы находится въ граммахъ: (см. табл. на стр. 120).	Изъ 2 килогр. почвы перешло въ водный растворъ подъ вліяніемъ продуктовъ разложенія листьевъ въ граммахъ.	въ %
SiO_2	1176,81	0,1030	0,0087
K_2O	21,22	2,0612	9,71
Na_2O	4,08	0,0197	0,48
CaO	0,82	0,4588	55,95
MgO	1,86	0,9347	50,25
P_2O_5	0,82	0,1481	18,06
$Fe_2O_3+Al_2O_3$	37,90	1,3999	3,69
Mn_3O_4	0,14	0,0106	7,57
SO_3	0,02	0,0100	50,00

Такимъ образомъ, *дѣйствительная потеря данной почвой части своихъ зольныхъ соединеній*, въ условіяхъ описываемаго опыта, выразится слѣдующими величинами:

	Въ 2 килогр. почвы находится въ граммахъ:	Изъ 2 килогр. почвы чистая вода вымываетъ въ граммахъ (стр 121).	въ %	Суммарное растворяющее дѣйствіе воды и продуктовъ разложенія въ %.
SiO_2	1176,8	Слѣды	Слѣды.	0,0087
K_2O	21,22	0,0041	0,02	9,73
Na_2O	4,08	Слѣды	Слѣды.	0,48
CaO	0,82	0,2027	24,72	80,67
MgO	1.86	0,3111	16,72	66,97
P_2O_5	0,82	Слѣды	Слѣды	18,06
$Al_2O_3+Fe_2O_3$ . . .	37,90	Слѣды	Слѣды	3,69
Mn_3O_4	0,14	—	—	7,57
SO_3	0,02	0,0070	35,00	85,00

Теперь, посмотримъ, какія измѣненія претерпѣла данная почва по отношенію къ *гумусу*.

Количество гумуса въ $^0/_0$. (Передъ этимъ анализомъ почва была промыта предварительно водой,—см. соображенія, высказанныя на стр. 106).

1) Въ почвѣ, передъ началомъ опыта . . . 2,83$^0/_0$

2) Въ почвѣ, подвергавшейся дѣйствію дистиллированной воды впродолженіе 13 мѣс. . . . 1,89$^0/_0$

3) Въ почвѣ, подвергавшейся дѣйствію продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ втеченіе 13 мѣс. . . . . 2,57$^0/_0$

Разсмотримъ теперь полученныя всѣми этими анализами цифры. Что касается *гумуса*, то почва, какъ мы видѣли, содержала первоначально въ себѣ 2,83$^0/_0$ его. Будучи промываема въ теченіе 13 мѣс. водой, она потеряла за это время 0,94$^0/_0$ этого вещества—частью путемъ выноса водой растворимыхъ формъ его (см. количество органич. веществъ, просочившихся изъ почвы въ сосудѣ II), частью путемъ процессовъ разложенія, каковыя, благодаря постоянному увлажненію почвы и сравнительно благопріятной t°, должны были идти довольно энергично. Указанная потеря гумуса (въ 0,94$^0/_0$) складывается изъ двухъ величинъ: 0,201$^0/_0$ гумусовыхъ веществъ потеряла почва путемъ вымыванія и остальные 0,739$^0/_0$—путемъ процессовъ разложенія. По сравненію съ черноземной почвой, потери эти выражаются однако незначительными количествами, быть можетъ уже и потому, что первоначальный запасъ гумуса въ этой почвѣ былъ сравнительно невысокій.

Что же касается почвы изъ сосуда I, то, несмотря на громадное количество притекающихъ въ эту почву изъ разлагающихся осиновыхъ листьевъ органическихъ веществъ (см. составъ раствора изъ сосуда III), мы снова констатируемъ тотъ же фактъ, что притекающія изъ листвы въ обильномъ количествѣ

органическія вещества совершенно не задерживались данной почвой и что процессы разложенія гумуса, принадлежащаго самой почвѣ, шли въ этомъ случаѣ болѣе угнетеннымъ темпомъ, чѣмъ въ почвѣ безъ лиственнаго покрова (въ первомъ случаѣ почва потеряла за 13 мѣс. опыта 0,94% гумуса, въ второмъ лишь 0,26%).

Мнѣ кажется, что въ основѣ того и другого явленія лежитъ опять-таки общая причина,—это быстрая потеря данной почвой какъ принадлежащей ей извести (которой она была притомъ совсѣмъ не богата), такъ и той извести, которая вымывалась изъ растительной массы. Создавалась, такимъ образомъ, съ одной стороны неблагопріятная (кислая) среда для процессовъ разложенія гумуса, принадлежащаго самой почвѣ; съ другой,—органическія вещества, вмываемыя въ почву изъ разлагающейся растительной массы не находили тамъ главнѣйшаго элемента, которому обязаны эти вещества своимъ переходомъ въ нерастворимое состояніе.

Именно этой кислой средой надо объяснить и весьма крупную потерю данной почвой изъ сосуда I части своихъ минеральныхъ веществъ. Въ этомъ отношеніи мы видимъ опять-таки аналогичную картину той, которую наблюдали и въ опытахъ съ черноземомъ.

II. Теперь обратимся къ изученію тѣхъ измѣненій, которыя претерпѣваетъ та же почва подъ лиственнымъ покровомъ въ томъ случаѣ, когда растворимые продукты разложенія растительной массы продолжительное время находятся въ соприкосновеніи съ составными частями почвы и другъ съ другомъ.

И въ данномъ случаѣ опыты были организованы совершенно аналогично описаннымъ на стр. 112 и слѣд. опытамъ съ черноземной почвой, съ тою лишь разницей, что, въ виду того, что взятая для опыта почва не могла удерживать, въ силу болѣе слабой своей влагоемкости, литра раствора, съ которымъ надо было приводить ее въ соприкосновеніе, смачи-

ваніе этимъ растворомъ почвы производилось каждый разъ въ 2—3 пріема (съ попеременнымъ подсушиваніемъ). Остальныя условія опыта были тожественны условіямъ соответствующихъ опытовъ съ черноземной почвой.

Результаты анализовъ сведены въ следующей таблице (см. таблицу на стр. 126).

Количество гумуса въ $^0/_0$.

1) Въ почве передъ началомъ опыта (см. стр. 120).	2,83$^0/_0$
2) Въ почве, подвергавшейся попеременному увлажненію и подсушиванію въ теченіе 28 дней, а затемъ стоявшей во влажномъ состояніи впродолженіе 47 сутокъ	2,84$^0/_0$
3) Idem, но находившейся все время во взаимодействіи съ растворимыми продуктами разложенія растительныхъ остатковъ.	5,88$^0/_0$

Приведенныя цифры убеждаютъ насъ, что въ условіяхъ даннаго опыта, и серая лесная почва подъ лиственнымъ покровомъ претерпеваетъ въ своемъ составе совершенно ту же судьбу, которую констатировали мы въ опытахъ съ черноземомъ. И здесь мы видимъ *увеличеніе*, подъ вліяніемъ вмываемыхъ продуктовъ разложенія, *въ данной почвѣ какъ перегнойныхъ* (5,88$^0/_0$ вместо первоначальныхъ 2,83$^0/_0$), *такъ и большинства минеральныхъ веществъ. И если по отношенію къ черноземной почвѣ, при условіяхъ сквозного и постояннаго промыванія ея продуктами разложенія, мы видѣли типичныя деградаціонныя реакціи, то по отношенію къ сѣрой лѣсной почвѣ, при условіяхъ только что описанныхъ опытовъ, мы усматриваемъ процессы какъ бы обратнаго перехода этого типа почвы въ типъ, такъ сказать, „высшій“—черноземный.* Мне кажется, что воз-

	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ. II (почва). Въ 12 литр. раствора содержится въ грам.	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ III (листья). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ (стр. 115).	Сумма въ граммахъ:	Составъ стекающей жидкости въ сосудѣ I (почва+листья). Въ 12 литр. раствора содержится въ граммахъ.	Почвой поглощено въ граммахъ.	Почвой поглощено въ %
SiO_2	—	1,6489	1.6489	1,6386	0,0103	0,62
K_2O	0,0005	2,4801	2.4806	2,1554	0,3252	13,11
Na_2O.	—	0,1477	0,1477	0,1333	0,0144	9,74
CaO	0,1001	3,0064	3,1065	1,8995	1,2070	38,85
MgO.	0,0998	1,0288	1,1286	0,8011	0,3275	29,02
P_2O_5	—	3.8018	3,8018	3,0354	0,7664	20,16
$Fe_2O_3+Al_2O_3$ . . .	—	0,2345	0,2345	0,1201	0,1144	48,78
Mn_3O_4	—	0,7105	0,7105	0,7003	0.0102	1,43
SO_3	0,0033	3,8970	3,9003	1,9810	1,9193	49,20

можность процессовъ этой „реградаціи“ вполнѣ доказывается, такимъ образомъ, прямымъ экспериментальнымъ путемъ [1]).

Конечно, въ природѣ, при естественныхъ условіяхъ, намъ не приходится обычно встрѣчаться съ такими рѣзкими и быстрыми измѣненіями въ составѣ почвъ подъ вліяніемъ того или другого растительнаго покрова, каковыя наблюдаемъ мы въ условіяхъ нашихъ опытовъ. Я уже указалъ выше, что соотношеніе между количествомъ почвы съ одной стороны и количествомъ растительной массы—съ другой, взято было въ этихъ опытахъ умышленно слишкомъ широкое для того, чтобы получить болѣе рельефные и ясные результаты. Но тѣ глубокія измѣненія, которыя претерпѣли, въ условіяхъ нашихъ опытовъ, почвы, по истеченіи уже сравнительно короткаго времени, потребуютъ для себя, при естественныхъ условіяхъ, наблюдаемыхъ нами въ природѣ, конечно, несравненно болѣе длительныхъ періодовъ; однако, характеръ реакцій, обусловливающихъ тѣ или другія измѣненія въ почвѣ, будетъ несомнѣнно и въ природной обстановкѣ тѣсно связанъ *съ условіями поступленія* въ эту почву растворимыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ. При этомъ необходимо признать, что въ характерѣ этихъ реакцій мы должны будемъ наблюдать цѣлый рядъ всевозможныхъ комбинацій и постепенныхъ переходовъ. Въ какую сторону пойдутъ процессы въ почвѣ, въ сторону ли ея деградаціи, или, наоборотъ, „реградаціи“, и какъ рѣзко процессы эти выразятся, — все это будетъ зависѣть и отъ количества атмосферныхъ осадковъ, и отъ способности почвы такъ или иначе проводить черезъ себя воду, и отъ богатства ея, въ частности, известью, и отъ состава и количества отмирающихъ растительныхъ остатковъ (въ частности—также отъ содержанія въ послѣднихъ извести) и т. д. Для детальнаго изученія сущности и химизма всѣхъ этихъ измѣненій, претерпѣваемыхъ

---

[1]) Существованіе этого процесса въ природѣ констатируется наблюденіями *Н. Прохорова.* („Почвовѣдѣніе“, за 1906 г.).

различными типами почвъ въ зависимости отъ *различныхъ*, вышеупомянутыхъ условій, потребуется еще очень и очень много долголѣтнихъ изслѣдованій. Цѣлью же изложенныхъ выше опытовъ было нарисовать пока лишь общую схему изучаемыхъ явленій.

Перенося всѣ эти выводы въ область прикладную, агрономическую, мы можемъ, такимъ образомъ, видѣть, что быстрота и глубина промоканія той или другой почвы должны представлять собой одинъ изъ важнѣйшихъ факторовъ въ вопросахъ плодородія, а тѣмъ самымъ и въ жизни культивируемыхъ на данной почвѣ растеній. Дѣйствительно, разъ вода, при первомъ же своемъ соприкосновеніи съ отмершими растительными остатками (даже и не подвергавшимися процессамъ разложенія), вымываетъ, какъ мы видѣли, изъ послѣднихъ весьма значительное количество, и притомъ такихъ важныхъ для плодородія почвы и питанія растеній веществъ, какъ P_2O_5, K_2O и др.; разъ дальнѣйшая судьба этихъ вымытыхъ веществъ всецѣло зависитъ отъ условій поступленія ихъ въ почву, то ясно, какъ должны быть разнообразны условія жизни и питанія сельско-хозяйственныхъ растеній въ одномъ и томъ же физико-географическомъ районѣ, но въ зависимости, напр., отъ рельефа мѣстности, отъ количества и состава пожнивныхъ остатковъ, оставляемыхъ предшествующей культурой, отъ времени и количества выпаденія осадковъ и т. п.

Правда, всѣ эти соображенія обычно и принимаются въ расчетъ при составленіи сѣвооборота, при выборѣ того или другого удобрительнаго матеріала и т. под., но едва ли можно сказать, чтобы всѣ эти соображенія базировались на какихъ-либо точно проанализированныхъ, конкретныхъ основаніяхъ. Мы знаемъ, напр., что при запахиваніи на зеленое удобреніе люпиновъ мы вносимъ въ почву извѣстное количество пудовъ

растительной массы, можемъ даже вычислить, сколько въ ней будетъ находиться въ отдѣльности калія, азота, фосфора и т. п., но въ какомъ направленіи идутъ въ данной почвѣ процессы разложенія этой массы, при метеорологическихъ условіяхъ даннаго года, какую судьбу претерпѣваютъ въ этой почвѣ отщепляющіеся растворимые продукты этого разложенія, въ какую сторону идутъ измѣненія въ самой почвѣ подъ вліяніемъ этихъ продуктовъ,—въ сторону ли дѣйствительно ея обогащенія питательными веществами, или, можетъ быть, даже обѣднѣнія ими (что, какъ мы видѣли, вполнѣ возможно),—все это вопросы, которые обычно остаются безъ должнаго анализа и освѣщенія. Я уже не говорю про обычное игнорированіе (въ указанномъ смыслѣ) тѣхъ растительныхъ остатковъ, которые неизбѣжно остаются послѣ культуры каждаго растенія — въ видѣ остатковъ корневой системы, части стеблей, листьевъ и пр. А между прочимъ и эти, такъ сказать, незамѣтные факторы, проявляя каждогодно свою незначительную дѣятельность, въ теченіе извѣстнаго ряда лѣтъ могутъ тѣмъ не менѣе сыграть въ вопросахъ плодородія почвы немаловажную роль.

Въ настоящее время мною разрабатывается матеріалъ, который даетъ намъ нѣкоторыя конкретныя понятія о приходѣ и расходѣ минеральныхъ и органическихъ веществъ въ почвахъ различныхъ физико-географическихъ райновъ, какъ при естественныхъ условіяхъ жизни этихъ почвъ (подъ вліяніемъ степной растительности, лѣсной, луговой и т. п.), такъ и при различныхъ хозяйственныхъ способахъ ея эксплоатаціи (значеніе остающейся на поверхности почвы „стерни“, корней скошенныхъ растеній и т. п.).

А пока, принимая во вниманіе, какую существенную роль въ перераспредѣленіи плодородія по различнымъ горизонтамъ почвы должны играть вмываемые въ нее растворимые продукты разложенія отмирающей ежегодно растительной массы, мы можемъ предположить, что процессы эти, представляя собой важ-

нѣйшій факторъ въ жизни культивируемыхъ растеній вообще, должны пріобрѣтать особенное значеніе для растеній *длиннокорныхъ* — въ частности. Мы можемъ предположить, что въ жизни, напр., *древесной растительности*, указанные процессы могутъ сыграть даже рѣшающую роль. Дѣйствительно, лѣсной массивъ, отнимая ежегодно изъ глубокихъ горизонтовъ почвы громадныя количества питательныхъ веществъ, часть ихъ, какъ извѣстно, скопляетъ въ своей листвѣ. Послѣдняя, съ окончаніемъ вегетаціоннаго періода, опадаетъ на поверхность почвы, унося съ собой весьма значительное количество различныхъ органическихъ и зольныхъ составныхъ частей. Первые же атмосферные осадки, дѣйствуя на нихъ, вмываютъ въ почву, какъ мы теперь знаемъ, весьма большой $^0/_0$ различныхъ веществъ, и въ томъ числѣ P_2O_5, K_2O и др., играющихъ такую важную роль въ жизни растительнаго организма. Дѣйствуя же на *разлагающіеся* остатки, атмосферная вода вымываетъ изъ нихъ, какъ мы видѣли, еще большее количество упомянутыхъ веществъ. Въ тѣхъ районахъ, гдѣ по тѣмъ или инымъ причинамъ, можно ожидать сквозного промачиванія почвенныхъ горизонтовъ, тамъ создаются для древесной растительности вполнѣ благопріятныя условія для жизни: лѣсной массивъ въ такихъ мѣстахъ, правда, ежегодно истощаетъ глубокіе горизонты почвы питательными веществами, но, въ силу опредѣленнаго характера движенія въ такихъ случаяхъ растворовъ (выясненнаго нами въ предъидущей главѣ), какъ бы ежегодно самъ же себя и удобряетъ (наша лѣсная и лѣсостепная области, вершины впадинокъ или лощины—въ степной и т. п.). Наоборотъ, въ тѣхъ районахъ, гдѣ сквозного промачиванія грунта нѣтъ, гдѣ можетъ существовать на извѣстной глубинѣ, напр., „мертвый горизонтъ“ *(Высоцкій)*, тамъ мы можемъ предположить, что растворимые продукты вмываются лишь до опредѣленной границы, часто не достигая глубоко распространяющихся корней. Въ такихъ районахъ мы можемъ, слѣдовательно, встрѣтиться съ

явленіемъ ежегодно усиливающагося истощенія глубокихъ горизонтовъ почвы, влекущимъ за собой неизбѣжно и гибель лѣсныхъ насажденій.

Такую приблизительно картину можемъ мы нарисовать себѣ на нашемъ, напр., югѣ, въ степной полосѣ, на почвахъ черноземныхъ мелкоземистыхъ, трудно промываемыхъ, съ обычно встрѣчающимся въ нихъ „мертвымъ горизонтомъ изсушенія".

Во время своихъ изслѣдованій въ предѣлахъ искусственно-насажденнаго Велико-Анадольскаго лѣса (Екатеринославск. губ.), въ теченіе лѣта 1906 и частью 1907 г., мнѣ удалось только-что высказанныя теоретическія предположенія развить болѣе широко и вмѣстѣ съ тѣмъ натолкнуться на интереснѣйшіе въ этой области факты, вполнѣ подтверждающіе высказанныя сейчасъ соображенія.

Хотя изслѣдованія эти имѣли свою спеціальную цѣль, а именно выяснить вообще причины угнетеннаго роста, а подчасъ и полной гибели (особенно въ послѣдніе годы) искусственныхъ лѣсныхъ насажденій въ степи, но въ виду того, что сообщаемые мною ниже выводы находятся въ непосредственной связи съ нѣкоторыми положеніями, высказанными нами въ предыдущихъ главахъ, я и считаю возможнымъ болѣе подробно остановиться на изложеніи этихъ изслѣдованій и посвятить имъ особую главу.

9*

ГЛАВА IV.

Недостаточная обоснованность, съ экспериментальной стороны, гипотезы о повышенной солености степныхъ грунтовъ, какъ главнѣйшей причинѣ гибели искусственныхъ насажденій. Роль въ этомъ явленіи веществъ, находящихся въ степныхъ грунтахъ въ minimum'ѣ. Отсутствіе въ глубокихъ горизонтахъ степныхъ почвъ удобоусвояемыхъ формъ соединеній азота и фосфора (частью и калія), какъ явленіе вторичное, вызываемое въ нихъ уже поселившимся лѣсомъ. Значеніе въ этомъ процессѣ опадающей листвы и условій поступленія въ почву растворимыхъ продуктовъ разложенія послѣдней.

Велико-Анадольскій лѣсъ, какъ извѣстно, находится въ Маріупольскомъ уѣздѣ Екатеринославской губ., приблизительно въ 70 в. къ сѣверу отъ Азовскаго моря и представляетъ собой сплошной, искусственно разведенный лѣсъ, занимающій въ одномъ главномъ массивѣ свыше 1600 дес. отъ вѣка безлѣсной черноземной степной почвы. Почти вся дача находится въ бассейнѣ балки — рѣченки Кашлагачъ, являющейся притокомъ р. Ялы (Волчьей, а потомъ Самары, впадающей въ Днѣпръ).

Этотъ грандіозный опытъ облѣсенія степи, опытъ „смѣлаго насилія" надъ природой былъ произведенъ по порученію М-ва Госуд. Имуществъ въ 1843 г. и послѣдущіе годы г. фонъ-Граффомъ.

Почва Велико-Анадольской дачи, въ своихъ поверхностныхъ горизонтахъ по изслѣдованіямъ проф. *П. А. Земятчен-*

скаго [1]), покрыта тяжелымъ глинистымъ черноземомъ, мощность котораго колеблется отъ 0,74 до 1 м. При просѣиваніи почвы черезъ сито съ отверстіями въ 1/4 mm. діам.—на немъ или совсѣмъ ничего не остается или лишь единичныя зерна. Механическій анализъ по *Osborn*'у показываетъ, что количество „песка" не поднимается выше 16% и падаетъ иногда до 6%. Содержаніе перегноя отъ 6%—8% при общей потерѣ отъ прокаливанія въ 15%—19%. На основаніи химическихъ анализовъ (валового и 10%—HCl вытяжки)—цитируемый авторъ находитъ возможнымъ отнести В.-Анадольскій черноземъ, какъ по общему содержанію наиболѣе важныхъ питательныхъ веществъ, такъ и по количеству цеолитовъ — *къ типу богатыхъ*. Только бросается въ глаза изслѣдователю *сравнительно небольшое количество въ немъ фосфорной кислоты*.

Вотъ данныя анализовъ проф. *Землтченскаго:*

10% горячая HCl:		
K_2O	0,736	Образецъ взятъ на самомъ возвышенномъ мѣстѣ въ степи, около метеорологической станціи № 6.
Na_2O	0,232	
CaO	1,627	
MgO	1,503	
Fe_2O_3	5,587	
Al_2O_3	8,166	
SiO_2 извлек. 10% сод.	17,440	
P_2O_5	—	(при вал. анал. = 0,148).

Что касается *подпочвы*, то таковою служитъ, согласно тому же автору, желтоватая тяжелая глина со значительнымъ количествомъ углекислой извести. Всѣ образцы подпочвы обнаруживаютъ бурное вскипаніе съ соляной кислотой. Впрочемъ,

---

[1]) *П. А. Землтченскій*. Вел.-Анадольскій участокъ. „Труды Экспедиціи" вып. 3, 1894 г.

въ мѣстахъ, подвергающихся по своему рельефу систематическому выщелачиванію, подпочва лишается углекислой извести и тогда принимаетъ болѣе или менѣе бурый или красноватый оттѣнокъ.

Углекислая известь образуетъ съ подпочвою или однородное смѣшеніе, или же выдѣляется въ видѣ тонкихъ прожилокъ, округленныхъ пятенъ и т. п. Кромѣ извести попадаются включенія кварцевыхъ обломочковъ, иногда полевого шпата и кремня.

Вотъ данныя проф. *Земятченскаго*, касающіяся химическаго состава подпочвы:

	У метеорол. станціи № 6.	Подпочва „Стараго лѣса".
K_2O	0,362	0,716
Na_2O	0,244	0,078
Fe_2O_3	5,104	5,276
Al_2O_3	10,796	10,357
SiO_2 извлек. 10% соды	15,050	15,188
P_2O_5	0,094	0,075

Въ обоихъ изслѣдуемыхъ образцахъ *„поражаетъ малое содержаніе P_2O_5"*.

Весьма детальныя и обстоятельныя изслѣдованія почвъ и грунтовъ В.-Анадольскаго лѣсничества произведены *Г. Н. Высоцкимъ*, прожившимъ тамъ около 12 лѣтъ [1]).

Оригинальное строеніе Вел.-Анадольскихъ грунтовъ и распредѣленіе въ различныхъ слояхъ ихъ растворимыхъ соединеній объясняется во многомъ, какъ показалъ г. *Высоцкій*, своеобразнымъ отношеніемъ тамъ почвенной влаги къ грунту. А именно: въ теченіе лѣта и осени почва сильно изсушается,—

[1]) „Гидрологическія и гео-біологическія наблюденія въ Вел.-Анадолѣ" („Почвовѣдѣніе" 1899 г.); также—цѣлый рядъ статей въ „Трудахъ Экспедиціи" и въ „Почвовѣдѣніи".

какъ въ силу извѣстныхъ метеорологическихъ условій, такъ и въ силу сильной транспираціи растительностью (*особенно сильно и глубоко изсушается она подъ лѣсомъ*). Осенью, съ выпаденіемъ осадковъ, влажность почвы начинаетъ все болѣе и болѣе повышаться и достигаетъ своего maximum'а въ серединѣ весны. При этомъ оказывается, что на плато и пологихъ склонахъ влаги этой все же не хватаетъ для сплошного промоканія и сквозного промыванія грунта. Такимъ образомъ, на извѣстной глубинѣ, колеблющейся, въ зависимости отъ характера рельефа отъ 2 м. — 4 м. отстается всегда такой слой, влажность котораго остается всегда безъ всякихъ измѣненій. Слой этотъ названъ г. *Высоцкимъ* „*мертвымъ горизонтомъ*". Вслѣдствіе этого, всѣ растворимыя вещества остаются въ „*живомъ*" горизонтѣ промоканія, а не выщелачиваются въ грунтовыя воды, и образуютъ собой такъ называемыя „*иллювіальныя скопленія*" (т.-е. продукты вмыванія), куда надо отнести различные продукты разложенія органическихъ остатковъ, скопленія гипса, углекислой извести и т. п.

Что касается *органическихъ веществъ*, то часть ихъ въ видѣ кренатовъ, ежегодно вмывается до предѣловъ промоканія, скопляется тамъ и превращается впослѣдствіи, въ анаэробной обстановкѣ, въ гуматы — нерастворимыя соединенія темнаго цвѣта. Такимъ образомъ, на извѣстной глубинѣ, соотвѣтствующей „мертвому" горизонту образуется второй „гумусовый" горизонтъ, выдѣляющійся своимъ темнымъ цвѣтомъ (считая первымъ гумусовымъ горизонтомъ черную нерастворимую массу собственно „почвы", гориз. А).

Гипсъ, также вмываясь весеннимъ промоканіемъ вглубь, скопляется въ видѣ мелкихъ кристалликовъ, друзъ и желваковъ, въ нижнихъ слояхъ промоканія, образуя часто цѣлый горизонтъ скопленій, совпадающій со вторымъ гумусовымъ горизонтомъ. Въ зависимости отъ характера рельефа, расти-

тельности и т. п., этотъ гипсовый горизонтъ часто впрочемъ совсѣмъ отсутствуетъ.

Что касается *углекислой извести*, то она частью распредѣляется въ грунтѣ въ видѣ незамѣтной на глазъ тѣсной смѣси съ глиной и пескомъ, играя роль сильно связывающаго *цемента*, частью образуетъ *выдѣленія* въ видѣ бѣлыхъ глазокъ, желваковъ, тонкихъ извилистыхъ бѣловатыхъ жилокъ („лжегрибница" Измаильскаго) и т. п.

Скопленія $CaCO_3$, по наблюденіямъ г. *Высоцкаго*, образуютъ обычно два горизонта: первый („бѣлоглазка") находится немного ниже мѣста исчезновенія почвенной темной окраски и занимаетъ собой слой глубиной въ 1—1,5 м. Второй горизонтъ скопленія углеизвестковыхъ выдѣленій наблюдается уже ниже второго гумусоваго горизонта, на глубинѣ, приблизительно, 4—4,5 м. Это своеобразное распредѣленіе углеизвестковыхъ выдѣленій, авторъ ставитъ въ связь со свойствомъ этого вещества не растворяться въ чистой водѣ, а только въ водѣ, содержащей въ своемъ составѣ CO_2 [1]).

Такова морфологія описываемыхъ почвъ и грунтовъ. Что касается ихъ химическаго состава, то, согласно даннымъ г. *Высоцкаго*, анализъ 10% HCl вытяжки даетъ слѣдующее представленіе о распредѣленіи подвижныхъ составныхъ частей грунта:

	Гумусъ.	CO_2	CaO	SO_3	$Al_2O_3+Fe_2O_3$
	П р о ц е н т ы.				
1. Надгумус. гориз. E (2—2½ м.) . .	0,73	6,51	8,55	0,06	12,99
2. Гумусовый гориз. FG (3½ м.) . . .	1,42	3,02	4,59	0,28	15,61
3. Мертвый гориз. K (5—6 м.) . . .	0,79	5,17	7,35	0,27	16,63

(Образецъ взятъ на пологомъ склонѣ къ NW въ 14 кварт.).

---

[1]) Подробности см. „Почвовѣдѣніе" за 1900—1901 гг.

Перечисливъ эти данныя на 100 ч. нерастворимаго остатка и, принявъ, что CO_2 и SO_3 связаны съ CaO, образуя $CaCO_3$ и $CaSO_4 . 2H_2O$, а излишекъ CaO связанъ съ цеолитами и органическими соединеніями, авторъ получаетъ:

На 100 ч. нерастворимаго въ 10% горяч. HCl остатка приходится:

	$Al_2O_3+Fe_2O_3$	$CaCO_3$	CaO, цеолитн. и органич. соед.	Гумуса.	Гипса.
Гориз. E . .	18,6	21,5	0,3	1,01	0,19
„ FG. .	21,2	9,3	0,6	1,93	0,82
„ K . .	24,7	17,4	0,9	1,17	0,86

Что касается *структуры* почвы и грунта описываемой мѣстности, то процессы періодическаго промоканія и вновь изсушенія грунта вызываютъ, по наблюденіямъ цитируемаго автора, періодическое разбуханіе и растрескиваніе его вертикальными трещинами, чему способствуетъ также и періодическое промерзаніе почвы.

Вслѣдствіе этого, „живой“ слой грунта принимаетъ особую вертикально-трещиновато-*столбчатую* структуру. Кромѣ того, характерной особенностью этихъ почвъ является ихъ *пористость* и изборожденность различнаго рода ходами.

Всѣ эти свойства и вообще структурность описываемыхъ почвъ обусловливаются частью ходами многочисленныхъ степныхъ грызуновъ, муравьевъ, тарантуловъ и т. п., частью многочисленными ходами открытаго г. *Высоцкимъ* огромнаго червя (Dendrobaena mariupoliensis), частью ходами корней травъ и деревьевъ.

Грунтъ подъ вершинными питающими лощинами и т. п., подъ вліяніемъ періодическаго просачиванія прѣсной воды сверху вглубь, выщелачивается, измѣняется, является болѣе опрѣсненнымъ, а въ силу этого (напр., вслѣдствіе удаленія Ca), принимаетъ и другое строеніе, а именно, удаленіе из-

вестковаго цемента дѣлаетъ его менѣе плотнымъ, и менѣе твердымъ.

Обстоятельнѣйшія изслѣдованія представлены г. *Высоцкимъ* и по отношенію къ выясненію *распредѣленія почвенно-грунтовой влажности*, что въ свою очередь открываетъ намъ глаза *на жизнь почвенныхъ растворовъ* вообще и на режимъ тѣхъ растворимыхъ соединеній, которыя причисляются авторомъ къ вреднымъ для лѣсной растительности въ частности.

На основаніи долголѣтнихъ наблюденій надъ влажностью почвы г. *Высоцкій* приходитъ къ слѣдующимъ заключеніямъ.

1) *Поверхность* почвы наиболѣе изсушается тамъ, гдѣ она совершенно открыта, т.-е.. на черномъ пару, затѣмъ на рано и низко скашиваемой цѣлинѣ, на позже и выше сжинаемомъ полѣ и *меньше всего подъ лѣсомъ*.

2) Почва (гориз. A + B) наиболѣе изсушается подъ травяною цѣлиною, затѣмъ подъ полемъ, далѣе — подъ лѣсомъ и менѣе всего подъ чернымъ паромъ.

3) *Подпочва (грунтъ) изсушается наиболѣе подъ лѣсомъ*, затѣмъ подъ цѣлиною, подъ полемъ и менѣе всего подъ чернымъ паромъ.

Промачиваніе почвы, начинаясь обычно въ ноябрѣ, происходитъ *очень медленно* вслѣдствіе скудныхъ осадковъ и высокой влагоемкости почвы. Въ апрѣлѣ—маѣ влага достигаетъ 2-хъ-метровой и большей глубины. Съ глубины же приблизительно 4-метр. находится грунтъ („мертвый горизонтъ“), въ которомъ не замѣчается никакихъ измѣненій во влажности втеченіе круглаго года, причемъ всегда въ мертвомъ горизонтѣ содержаніе влаги подъ лѣсомъ гораздо меньше, чѣмъ подъ травянистой растительностью. И вообще—на основаніи многочисленныхъ данныхъ надо признать—*сильное изсушающее вліяніе на грунтъ сплошныхъ массивовъ нашего лиственнаго лѣса, далеко превосходящее изсушеніе его залежью, полемъ и цѣли-*

ною. Даже весною общій запасъ влаги подъ лѣсомъ на много ниже, чѣмъ подъ залежью.

Просачиваясь сквозь почву и грунтъ, вода, какъ извѣстно, растворяетъ и уноситъ попадающіяся ей навстрѣчу растворимыя соединенія. При своихъ анализахъ мѣстныхъ грунтовыхъ водъ *проф. П. А. Земятченскій* [1]) нашелъ, что минерализація тамошней воды обусловливается, главнымъ образомъ, известью и магнезіей, а изъ кислотъ — сѣрнымъ ангидридомъ, и кромѣ того присутствуетъ также хлоръ (по анализамъ грунтовой воды изъ колодцевъ при лѣсной школѣ и у западнаго отрога Тахлы). Анализъ же воды колодца у степной метеорологической станціи показалъ *(Сибирцевъ)* [2]), что „особенно выдается преобладающее количество *соды;* изъ остальныхъ солеобразныхъ соединеній первое мѣсто занимаетъ NaCl. Сѣрнокислыхъ солей немного, но въ колодезной водѣ, видимо, происходитъ возстановленіе этихъ солей при воздѣйствіи органическихъ веществъ (ясеневаго сруба) съ выдѣленіемъ H_2S (запахъ и темный цвѣтъ воды)“.

Изложенныя выше изслѣдованія г. *Высоцкаго*, касающіяся, какъ мы видѣли, изученія вообще структуры и состава степныхъ почвъ, вообще — жизни почвенно-грунтовой влаги, не могли, конечно, попутно не коснуться и болѣе частнаго вопроса, что же за причина гибели Вел.-Анадольскихъ посадокъ? Почему послѣднія сносно растутъ до извѣстнаго возраста, а потомъ погибаютъ цѣлыми кварталами? Есть ли какая-нибудь связь между этимъ явленіемъ и составомъ и характеромъ тамошнихъ почвъ? Если есть, то какія именно соединенія почвы являются вредными для лѣса? и т. п. Взгляды на этотъ вопросъ г. *Высоцкаго* представляются мнѣ особенно цѣнными, хотя бы уже потому, что являются результатомъ почти 12-тилѣтнихъ настойчивыхъ изученій степной природы. Выводы, къ

---

[1]) „Вел.-Анад. участокъ“, 1894, стр. 39.

[2]) Ibid., стр. 63.

которымъ пришелъ авторъ при своихъ изслѣдованіяхъ представляютъ собой дальнѣйшее развитіе почти общепринятой теперь гипотезы о *безлѣсіи русскихъ степей, какъ слѣдствіи повышенной солоноватости тамошнихъ грунтовъ.* Какъ извѣстно, впервые обратилъ у насъ вниманіе на составъ почвы, какъ на одну изъ причинъ безлѣсія степей — *проф. А. Н. Бекетовъ.* „По мѣрѣ освобожденія страны отъ водъ моря, повсюду оставались соленыя озера и солончаки, коими завладѣли солончаковыя травы. Пока преобладали эти травы, древесная растительность, очевидно, не могла появиться" и далѣе, говоря о растительности южной Россіи въ ледниковый періодъ: „хвойные лѣса и тогда простирались въ средней Россіи; они могли бы доходить тогда до самыхъ береговъ пліоценоваго моря, если бы не солончаки, уже и тогда опредѣлявшіе безлѣсіе" [1]). Кромѣ того, авторъ указываетъ и на значеніе животныхъ въ поддержаніи безлѣсія степей.

Вполнѣ опредѣленно говоритъ объ этомъ и *проф. Докучаевъ* [2]). „Причина отсутствія лѣсовъ, какъ въ Полтавской губ. ниже 70—80 саж., такъ и вообще въ лѣсостепной области, *болѣе общая*, чѣмъ предполагаемая до сихъ поръ... она лежитъ, главнымъ образомъ, въ извѣстной *солености* почвъ, а мѣстами только подпочвъ".

Аналогичные взгляды были высказаны позднѣе *Красновымъ* [3]), *Глинкой* [4]) и др.

Горячимъ сторонникомъ этой гипотезы является г. *Танфильевъ* [5]), который подходитъ къ рѣшенію вопроса о причинахъ безлѣсія степей путемъ слѣдующихъ соображеній и данныхъ.

---

[1]) Гризебахъ, „Растительн. земного шара", стр. 566; перев. Бекетова. Подробная литература этого вопроса сведена въ книгѣ *Г. И. Танфильева*: „Предѣлы лѣсовъ на югѣ Россіи", 1894.

[2]) „Вѣстникъ Естествознанія", 1891, стр. 13.

[3]) Рельефъ, растительность и почва Харьковск. губ. 1893.

[4]) Матеріалы по изученію русскихъ почвъ, вып. VIII.

[5]) Предѣлы лѣсовъ на югѣ Россіи, 1894.

На основаніи изученія характера флоры нашего чернозема, а также изученія анализовъ тамошнихъ почвъ и грунтовъ, равно и грунтовыхъ водъ, авторъ сначала приходитъ къ выводу, что степные грунты вообще богаты легко-растворимыми солями, главнымъ образомъ—углекислой известью, а также солями хлора и сѣрной кислоты (допуская, согласно *Гильгардту*, и возможность образованія Na_2CO_3, образующейся изъ указанныхъ солей въ присутствіи избытка CO_2, развивающейся на богатыхъ перегноемъ почвахъ),

Далѣе авторъ, на основаніи наблюденій надъ распространеніемъ лѣсовъ въ черноземной полосѣ *Богданова*, *Коржинскаго*, *Докучаева* и своихъ, приходитъ къ заключенію, что общимъ правиломъ для нашей черноземно-степной полосы слѣдуетъ считать пріуроченность лѣсовъ къ водораздѣламъ и высокимъ берегамъ рѣкъ. Что касается первыхъ зачатковъ будущаго лѣса, то условія, при которыхъ они появляются въ степи, по автору, тѣ же, при которыхъ существуютъ уже вполнѣ сформировавшіеся лѣса. Такимъ условіямъ удовлетворяютъ, по автору, мѣста, гдѣ имѣются всѣ данныя для наиболѣе успѣшнаго выщелачиванія почвы, т.-е., склоны овраговъ и водораздѣльные пункты, съ которыхъ беретъ начало возможно большее количество балокъ. Эту пріуроченность авторъ склоняется объяснить благопріятными условіями выщелачиванія, существующими въ высокихъ пунктахъ степи. А такъ какъ выщелачиваются прежде всего хлористыя и сѣрнокислыя щелочи и сѣрнокислый магній, то имъ и надо приписать главную причину безлѣсія степи. Затѣмъ уже выщелачиваются и углекислыя щелочныя земли, „безвредныя для нашихъ деревъ“.

Въ трудѣ цитируемаго автора мы не видимъ однако экспериментально-провѣренныхъ и доказанныхъ основаній вредоносности для лѣсной растительности той или другой растворимой соли въ той или другой концентраціи. Напротивъ, авторъ самъ сознаетъ, что „*прямыхъ опытовъ для выясненія вліянія*

легко растворимыхъ щелочныхъ и щелочно-земельныхъ солей на дерево почти совсѣмъ не имѣется, почему приходится ограничиваться наблюденіями въ природѣ, а эти наблюденія показываютъ, что наши лѣсныя деревья съ солончаками не мирятся. Отсюда уже логически слѣдуетъ, что соли, обусловливающія образованіе солонца, вредны для дерева" [1]).

Едва-ли можно возражать противъ того, что „соли, обусловливающія образованія солонца", вообще гибельны для древесной растительности (да и для многихъ другихъ растеній). Но вопросъ совершенно открытый—*гибельны-ли эти соли въ той концентраціи, въ которой онѣ встрѣчаются въ степныхъ грунтахъ и почвахъ?* Вопросъ этотъ является, съ экспериментальной стороны, совершенно не разработаннымъ, а слѣдовательно, и заключенія о томъ, что въ извѣстномъ пунктѣ гибнетъ лѣсъ только потому, что въ грунтахъ этого района найдено извѣстное количество NaCl или извѣстное количество Na_2CO_3 и т. п. являются въ извѣстной степени преждевременными. Мы можемъ *вѣрить* этимъ заключеніямъ, *поражаться* фактамъ совпаденія, но *быть удовлетворенными* этими выводами, признать ихъ точно обоснованными, конечно, не можемъ. Прибавлю къ этому, что и въ тѣхъ немногочисленныхъ аналитическихъ данныхъ, которыя приводятся авторомъ относительно подпочвъ и грунтовыхъ водъ, имѣются свѣдѣнія лишь о тѣхъ соединеніяхъ, которыя авторъ считаетъ причиною безлѣсья. Опредѣленіе, между тѣмъ P_2O_5, азотистыхъ соединеній, K_2O и др. веществъ, безъ которыхъ невозможна жизнь растительнаго организма — совершенно отсутствуетъ.

Аналогичныя-же разсужденія только что изложеннымъ приводятся авторомъ и къ рѣшенію болѣе частнаго вопроса, почему гибнутъ Вел.-Анадольскія посадки. И здѣсь авторомъ обращено исключительное вниманіе на содержаніе въ почвѣ такихъ рас-

---

[1]) l. c., стр. 97. Курсивъ мой.

творимыхъ соединеній, какъ хлористыя и сѣрнокислыя соли (и то, главн. обр., по анализамъ грунтовыхъ водъ). О малой выщелоченности тамошнихъ почвъ авторъ заключаетъ и на основаніи незначительной глубины ихъ вскипанія. Итакъ, заключаетъ авторъ, „въ Вел.-Анадольскомъ лѣсѣ мы не находимъ главнѣйшаго условія произрастанія лѣса въ степной полосѣ: *почвы его мало выщелочены, грунтовыя воды солоноваты*. Этой причины, полагаю, достаточно, чтобы объяснить, почему лѣсъ, достигнувъ извѣстнаго возраста, началъ обнаруживать признаки угнетеннаго роста". Мнѣ думается, однако, что этихъ данныхъ далеко не достаточно для объясненія указаннаго явленія хотя-бы уже въ силу высказанныхъ мною выше соображеній.

Необходимо, однако, оговориться, что попытки къ систематическому изученію, съ *экспериментальной стороны*, разбираемаго мною вопроса уже предприняты (сравнительно недавно), *проф. Коссовичемъ* [1]), которому уже удалось установить вредное дѣйствіе $NaCl$ и Na_2SO_4, въ извѣстныхъ концентраціяхъ.

Только помощью такихъ опытовъ, систематически производимыхъ, мы и будемъ въ состояніи окончательно разрѣшить вопросъ, являются-ли гибельными для лѣсной растительности тѣ соединенія, которыя встрѣчаются, въ извѣстной концентраціи, въ степныхъ почвахъ и грунтахъ. А до тѣхъ поръ мы будемъ часто рисковать простое совпаденіе фактовъ считать законною причинною связью (литература этого вопроса даетъ намъ въ этомъ отношеніи любопытные факты). Что касается цитированнаго уже мною *Г. И Высоцкаго*, то онъ слѣд. образомъ высказывается о причинахъ безлѣсія степей вообще и гибели

---

[1]) „Журн. Опытной Агрономіи", 1903 г. кн. I.

Аналогичные-же опыты съ вліяніемъ на молодые дубки различныхъ концентрацій Na_2CO_3, $NaCl$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, Na_2SO_4 заложены мною въ 1906 г. и въ 1907 г. въ питомникѣ Маріупольскаго Опытнаго лѣсничества. Результаты будутъ опубликованы въ свое время.

В.-Анадольскихъ посадокъ въ частности [1]). Степь.... всегда представляетъ аггрегатъ условій, болѣе или менѣе неблагопріятныхъ для произрастанія сплошныхъ лѣсовъ, среди которыхъ (условій) главную роль играетъ обыкновенно *недостатокъ доступной, безвредно пріемлемой лѣсною растительностью почвенно грунтовой-влаги.* Этотъ недостатокъ можетъ происходить отъ различныхъ причинъ: 1) отъ сухости климата. 2) При не столь крайне сухомъ климатѣ, отъ высокой влагоемкости очень богатыхъ, плодородныхъ почвъ, въ которыхъ вся влага, запасаемая къ періоду вегетаціи, задерживается въ верхнихъ горизонтахъ, которыми пользуется преимущественно травянистая растительность,... быстро расходующая почвенно-грунтовую влагу; въ такомъ случаѣ съ полулѣта... лѣсъ оказывается въ критическомъ положеніи. 3) Отъ нѣкоторыхъ частныхъ условій рельефа и грунта, когда, напр., образуется недостаточно глубокій слой корнепроницаемой почвы... Наконецъ, 4) указанный недостатокъ безвредно-пріемлемой лѣсною растительностью влаги можетъ имѣть свое мѣсто и въ такихъ степяхъ, гдѣ вообще почвенно-грунтовой влаги достаточно или даже и много, но, вслѣдствіе солонцеватости грунта, она дѣлается непріемлемою или вредною для лѣсной растительности...

Въ 1905 г. появилась работа *г. Степанова* [2]), уже въ началѣ своей работы заявляющаго, что вполнѣ присоединяется къ мнѣнію г. *Танфильева* и др., что главной причиной, обусловливающей неудачи лѣсоразведенія въ степной полосѣ, надо считать малую выщелоченность степныхъ почвъ. Впрочемъ, авторъ тутъ же и оговаривается, что „научное изученіе отношенія различныхъ породъ къ влагѣ, свѣту, *къ вреднымъ и полезнымъ соединеніямъ почвы*, какъ въ отдѣльности, такъ и въ

---

[1]) „Свѣтильники почвенно-ботанической географіи на пути культуры“, Лѣсн. Журн. 1904 г. (Цитирую по *Степанову*—„Журн. Оп. Агр.“ 1905 г.).

[2]) „Почва и грунтъ В. Анад. лѣсничества, какъ одна изъ причинъ гибели лѣсныхъ посадокъ“. Журн. Опытн. Агр., 1905 г.

своей совокупности, почти совершенно отсутствовало", и далѣе: *„у насъ совсѣмъ нѣтъ данныхъ, указывающихъ на то или иное допустимое количество вредныхъ соединеній почвы для степныхъ деревьевъ"* [1]). Несмотря на это, авторъ, тѣмъ не менѣе, находитъ все-таки возможнымъ подойти къ разрѣшенію разбираемаго вопроса инымъ путемъ. А именно: выбравъ въ предѣлахъ Вел.-Анадольской дачи 5 „характерныхъ" пунктовъ съ хорошими насажденіями и насажденіями гибнущими, авторъ произвелъ анализъ этихъ *5-ти пунктовъ* (до глуб. 4 м.), обративъ все свое вниманіе исключительно лишь на тѣ соединенія почвы, которыя онъ считалъ, напередъ примкнувши къ вышеизложенной гипотезѣ, вредными, а именно: на соду, сѣрнокислый натръ, хлористый натръ и гипсъ.

На основаніи этихъ, болѣе чѣмъ немногочисленныхъ, анализовъ, авторъ, безъ какихъ-либо предварительныхъ экспериментальныхъ основаній признавъ одни концентраціи найденныхъ соединеній вредными, другія—безвредными, заключаетъ: „На основаніи этихъ анализовъ можно, мнѣ кажется, *опредѣленно* сказать, что гибель лѣсныхъ посадокъ на данныхъ мѣстахъ обусловливается исключительно почвенно-грунтовыми условіями вообще, *и въ частности—наличностью на той или иной глубинѣ соды* [2]).

Хотя % соды, даже въ худшихъ случаяхъ, не превышаетъ 0,08%, тѣмъ не менѣе, это количество для почвъ глинистыхъ надо признать очень вреднымъ, особенно для лѣсной растительности" [3]).

Казалось-бы, что для такихъ „опредѣленныхъ" заключеній требуются, конечно, извѣстныя солидныя основанія. Тѣмъ не

---

[1]) Курсивъ мой.

[2]) Курсивъ мой.

[3]) Между тѣмъ по анализамъ того-же автора почвъ Шипова Лѣса оказывается, что тамъ растетъ удерживающійся и возобновляющійся дубнякъ на почвахъ, въ которыхъ содержаніе соды достигаетъ 0,23%.

менѣе авторъ въ подтвержденіе ихъ, дѣлаетъ лишь единственную ссылку на работы *Гильгарда со злаками.*

Кромѣ того, мною подробно осмотрѣны тѣ пункты, которые были выбраны авторомъ для анализовъ, какъ наиболѣе характерные. Выборъ этихъ пунктовъ мнѣ представляется, однако, совершенно неудачнымъ; я считалъ бы ихъ не только не характерными, но скорѣе *исключительными* для даннаго района [1]), и базировать на нихъ свои заключенія было бы ошибочно. Да и полученныя авторомъ при почвенныхъ анализахъ цифры не всегда укладываются въ установленныя имъ рамки, и ему въ нѣкоторыхъ случаяхъ приходится прибѣгать къ другимъ заключеніямъ, ничего общаго не имѣющимъ съ фактомъ содержанія въ грунтѣ того или другого количества соды (см. стр. 290).

Таково положеніе разсматриваемаго вопроса въ настоящее время.

Приступая къ разрѣшенію своей задачи я, основываясь на вышеупомянутыхъ работахъ *Докучаева*, *Танфильева*, *Высоцкаго* и др. сначала имѣлъ вполнѣ опредѣленную и вмѣстѣ съ тѣмъ ограниченную цѣль—*детализировать вообще изученіе вліянія легко-растворимыхъ солей грунта* (Na_2CO_3, $NaCl$, Na_2SO_4 и др.) *на ростъ посадокъ* и болѣе подробно выяснить, путемъ химическаго изслѣдованія грунтовъ и почвъ тѣхъ пунктовъ, гдѣ посадки явно пропадаютъ,—степень вреднаго вліянія различной концентраціи каждой изъ упомянутыхъ солей. Однако, первыя-же мои экскурсіи и почвенныя изслѣдованія въ В. Анадолѣ, какъ это будетъ видно изъ послѣдующаго, показали мнѣ не мало противорѣчивыхъ фактовъ, несовмѣстимыхъ съ вышеуказанными взглядами и натолкнули меня на рядъ такихъ явленій, которыя нельзя было удовлетворительно объяснить упомянутой гипотезой. Все это, вмѣстѣ взятое заставило меня, *не игнорируя, конечно*, возможности вредоноснаго

---

[1]) Аналогичное мнѣніе высказываетъ въ своей послѣдней работѣ г. Высоцкій („Рацынское Лѣсничество“, 1907, стр. 14—15).

вліянія легко-растворимыхъ солей (повышенныхъ концентрацій) на лѣсныя посадки, *обратить вниманіе не только на тѣ соединенія почвы, которыя находятся тамъ въ maximum'ѣ, но и на тѣ, которыя находятся тамъ, быть можетъ, въ minimum'ѣ.*

Человѣческій умъ, при объясненіи того или другого явленія, естественно, останавливается прежде всего на тѣхъ фактахъ, которые бросаются въ глаза, которые поражаютъ своею наглядностью, и часто проходитъ мимо тѣхъ незначительныхъ, ничтожныхъ величинъ, которыя, являясь таковыми, играютъ однако сплошь и рядомъ колоссальную роль въ явленіяхъ природы. Такъ и въ данномъ случаѣ: при разрѣшеніи вопроса о степени участія различныхъ составныхъ частей почвы и грунта въ явленіяхъ гибели степныхъ посадокъ—наблюдатели, какъ мы видѣли останавливались всегда, при своихъ анализахъ, на *большихъ* количествахъ Na_2CO_3, $NaCl$ и т. п., но *совершенно почти игнорировали въ этихъ анализахъ такія важнѣйшія вещества, какъ, напр.,* N, P_2O_5, K_2O, которыя, какъ это мы увидимъ ниже, и являются въ грунтахъ подъ степными посадками часто именно въ minimum'ѣ (въ качествѣ вторичнаго явленія, объясненіе которому будетъ приведено мною ниже) и которыя, такимъ образомъ, никакъ нельзя игнорировать при рѣшеніи интересующаго насъ сейчасъ вопроса.

Выдвигая настоящей работой новый факторъ въ рѣшеніи вопроса о пречинахъ гибели въ степи Вилико-Анадольскихъ посадокъ, а именно,—*указывая на роль въ этомъ вопросѣ веществъ, находящихся въ почвахъ и грунтахъ въ minimum'ѣ*—я, конечно, *далекъ отъ мысли* отрицать возможность вреднаго вліянія на посадки извѣстной солености грунтовъ. Напротивъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ—вліяніе это слишкомъ ясно и очевидно. Я хочу только указать и на *другой* факторъ, *который также не долженъ быть игнорированъ* при изслѣдованіяхъ этого вопроса, какъ и факторъ „повышенной соленосности". Такіе

новые факторы могутъ, конечно, найтись и еще—все это еще разъ подчеркиваетъ необходимость пересмотра этого интереснѣйшаго вопроса и окончательнаго его рѣшенія *только путемъ экспериментальнымъ*, какъ, напр., путемъ особо-организованныхъ вегетаціонныхъ опытовъ. А до тѣхъ поръ—у насъ въ рукахъ будутъ лишь разрозненные факты случайныхъ совпаденій, не имѣющія подъ собой часто научной, провѣренной опытомъ, основы.

Дѣйствительно, намъ вѣдь почти совершенно неизвѣстна физіологія питанія различныхъ древесныхъ породъ въ различныя стадіи ихъ роста, при различныхъ внѣшнихъ условіяхъ и пр. Какія вещества почвы, въ какихъ соединеніяхъ и пр.—необходимы этимъ различнымъ породамъ, какія изъ нихъ являются доступными корнямъ тѣхъ или другихъ породъ, *какія изъ нихъ являются вредными, и въ какой концентраціи*—все это вопросы, которые необходимо признать, съ *экспериментальной* стороны почти вѣдь совершенно не разработанными. А разъ нѣтъ экспериментально-установленныхъ въ этомъ отношеніи выводовъ, и всѣ разсужденія о вредоносности той или другой концентраціи тѣхъ или другихъ солей—являются малоубѣдительными и базирующими, *быть можетъ*, на фактахъ, повторяю, случайнаго совпаденія. Ссылки въ такихъ случаяхъ на опыты съ сельско-хозяйственными культурными растеніями и съ плодовыми деревьями—конечно, не могутъ быть въ полномъ объемѣ приложимы къ рѣшенію аналогичныхъ вопросовъ по отношенію къ древеснымъ лѣснымъ породамъ.

Какъ я и упомянулъ выше, при своихъ изслѣдованіяхъ въ районѣ Вел.-Анад. Лѣсничества я имѣлъ первоначально вполнѣ опредѣленную и вмѣстѣ съ тѣмъ ограниченную цѣль *болѣе детально изучить вліяніе легко-растворимыхъ солей грунта* (Na_2CO_3, $NaCl$, Na_2SO_4 *и др.*) *на ростъ посадокъ.* Достигнуть этого я предполагалъ, аналогично цитированнымъ мною выше авторамъ, тѣмъ, что выбралъ въ районѣ изучаемой мѣстности

возможно большее количество типичныхъ пунктовъ съ хорошими насажденіями и насажденіями, явно погибающими и подвергнулъ ихъ химическому анализу (до глубины 3—4 метр.). При этомъ, впрочемъ, я считалъ не столько важнымъ опредѣленіе въ намѣченныхъ пунктахъ веществъ, растворимыхъ въ горячей 10% HCl (какъ веществъ сравнительно мало доступныхъ корнямъ древесной растительности), сколько опредѣленіе тѣхъ веществъ, которыя растворимы въ водѣ, а также и въ нѣкоторыхъ другихъ растворителяхъ, по своему дѣйствію болѣе или менѣе приближающихся къ растворяющей силѣ корней. Кромѣ того, въ своихъ анализахъ я обращалъ вниманіе не только на тѣ соединенія, которыя причисляются вышеразсмотрѣнной гипотезой къ соединеніямъ *явно гибельнымъ* для древесной растительности, но и на тѣ вещества, которыя являются *абсолютно-необходимыми* для развитія высшихъ растеній и которыя, быть можетъ, въ изслѣдуемыхъ почвахъ и грунтахъ находятся въ minimum'ѣ. (Какъ извѣстно, въ этомъ minimum'ѣ находятся часто именно такія важнѣйшія питательныя вещества, какъ азотъ, фосфоръ и калій).

Анализы всѣхъ пробъ, взятыхъ изъ вырытыхъ ямъ, еще мною не закончены (принимая во вниманіе, что изъ нѣкоторыхъ ямъ бралось по 10 пробъ). Но и полученные уже, на основаніи произведенныхъ анализовъ, результаты настолько рельефны, что я считаю возможнымъ сдѣлать изъ нихъ нѣкоторыя опредѣленныя заключенія.

Въ настоящее время у меня имѣются данныя относительно химическаго состава (главнымъ образомъ пока болѣе глубокихъ горизонтовъ) слѣд. пунктовъ:

1)	Кварт.	41	Посадки явно гибнутъ (или уже погибли).
2)	„	69	
3)	„	33	
4)	„	9	
5)	„	39	
6)	„	22	

7)	Кварт.	5	Посадки имѣютъ очень хорошій видъ.
8)	„	13	
9)	„	28	

10) Открытая степь с. Павловки (къ S. отъ В.-Анад. лѣса)
11) „ „ оброчн. ст. В.-Анадол. (къ SW „)
12) „ „ „ „ ст. Фермской (къ W „)
13) „ „ „ „ ст. Благодатн. (къ N „)

Къ большинству взятыхъ образцовъ мною были примѣнены троякаго рода вытяжки:

1) *Водныя вытяжки*—для опредѣленія, съ одной стороны, *безусловно* доступныхъ древеснымъ корнямъ соединеній почвы, а съ другой—для опредѣленія тѣхъ легкорастворимыхъ солей, которымъ приписывается главнѣйшая роль въ гибели лѣсныхъ посадокъ.

2) *Вытяжки различными реактивами*, могущими до нѣкоторой степени характеризовать намъ содержаніе въ изслѣдуемыхъ почвахъ *всего количества удобоусвояемыхъ фосфорной кислоты и калія* (по отношенію къ N былъ примѣненъ также особый методъ). Выясненіе этого вопроса мнѣ представляется положительно необходимымъ въ виду хотя бы того, что по отношенію къ нимъ наши степные грунты совершенно не изучены. Какой реактивъ однако, по своей растворяющей силѣ, болѣе или менѣе подходитъ къ кислотнымъ выдѣленіямъ различныхъ древесныхъ породъ—вопросъ совершенно, конечно, не изученный. Въ виду этого—мнѣ пришлось *за исходный* пунктъ въ своихъ анализахъ взять тѣ реактивы, которые примѣняются съ этой же цѣлью по отношенію къ сел.-хоз. культурнымъ растеніямъ. Конечно,—эти данныя невозможно, во всей своей совокупности, примѣнить къ древеснымъ породамъ; но, какъ я и сказалъ, анализы эти могли служить мнѣ лишь *отправнымъ пунктомъ для дальнѣйшихъ* въ этомъ отношеніи изслѣдованій.

Такимъ образомъ, для опредѣленія съ указанной цѣлью P_2O_5 примѣнена была вытяжка 2% уксусною кислотою. Для опредѣленія K_2O также — 2% уксусная кислота. Что касается N, то опредѣлялся онъ слѣдующимъ образомъ: почва держалась 2 сутокъ въ термостатѣ (около 30°C) при влажности, равной половинѣ наибольшей влагоемкости + гигроскопическая вода. Послѣ этого опредѣлялись HNO_3 и NH_3. Всѣ три метода предложены, какъ извѣстно, проф. *Богдановымъ* (см. таблицы на стр. 152—155).

3) Когда я убѣдился, что обработка указанными реактивами указала мнѣ на *крайнюю бѣдность*, а часто и *полное отсутствіе* въ глубокихъ горизонтахъ почвы тѣхъ районовъ, гдѣ лѣсъ явно гибнетъ, такихъ первостепенныхъ важнѣйшихъ питательныхъ веществъ, какъ N, P_2O_5 и K_2O, мною была примѣнена къ опредѣленію P_2O_5 и K_2O *вытяжка* 1% *холодной соляной каслотой* (въ продолженіе 24 час.). Трудно предположить, чтобы этотъ реактивъ, по своей растворяющей силѣ, былъ слабѣе кислотныхъ выдѣленій корневой системы древесныхъ растеній.

Что касается, въ частности, метода изслѣдованія водныхъ вытяжекъ, то послѣднія приготовлялись слѣдующимъ образомъ: 500 гр. почвы, при частомъ взбалтываніи, оставлялись въ теченіе 48 час. въ соприкосновеніи съ 2 литрами дистиллированной воды. Фильтрованіе до полнаго освѣтлѣнія (черезъ фильтры изъ пергаментной бумаги, или, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, черезъ глиняный фильтръ Мюнке). Въ водной прозрачной вытяжкѣ опредѣлялся:

Хлоръ—титрованіемъ $^1/_{10}$ нормальнаго раствора азотнокислаго серебра (индикаторъ—хромовокислый калій). Если водная вытяжка была щелочной реакціи, то она предварительно нейтрализовалась азотной кислотой. Количество хлора въ анализируемыхъ пробахъ даетъ намъ понятіе о количествѣ *хлоридовъ*.

Результаты изслѣдованія почвенныхъ горизонтовъ, выраженные въ % высушеннаго (при 105°) вещества.

Наименованіе квартала, въ которомъ сдѣланъ почвенный разрѣзъ. Краткая характеристика насажденія.	Глубина, съ которой взятъ образецъ и краткая морфологическая характеристика этихъ слоевъ.	Составъ водной вытяжки.				
		Cl	SO_3	Na_2CO_3	K_2O	N
Кварталъ № 41.						
Насажденіе (77—79 г.г.) состояло изъ вяза и дуба. Въ настоящее время вязъ весь вымеръ и вырубленъ. Поросль очень плохая. Дубки—чахлые, суховершинные,	1) На глуб. ок. 25 cm. Гориз. А. Черноземъ съ ясно выраженной зернистой структурой. Мощность около 64 cm. Ясно выражено „полотенце" выцвѣтовъ.	0,0030	0,0068	0,0188	—	0,0009
Степь ворвалась въ этотъ кварталъ громаднымъ и густымъ травянымъ покровомъ.	2) На глуб. около 70. cm. Переходный гориз. (В). Мощность около 18 cm.	0,0028	0,005	0,017	—	0,0006
	3) На глуб. около 1,3 м. Гориз. бѣлоглазки (Д). Скопленія углекислой извести очень обильны и занимаютъ въ свѣтло-желтой глинѣ слой мощностью около 1 м.	0,0020	0,0131	0,0098	—	слѣды.
	4) На глуб. около 2,5 м. Гориз. Е. „промежуточный". Однородная свѣтло-желтая глина. Бѣлоглазки нѣтъ. Послѣдняя снова появляется лишь на глуб. 3,25 м.	0,0179	0,0126	0,009	—	—
	5) На глуб. около 4 м. Гипсоносный гориз. Громадное скопленіе кристалловъ и друзъ гипса.	0,0017	0,1683	0,0075	—	—
Кварталъ № 69.						
Посадки 88 г. Совершенно погибшій участокъ съ разбросанными кое-гдѣ отдѣльными корявыми деревцами береста, ясеня и клена.	1) На глуб. около 25 cm. Тяжелый глинистый черноземъ крупитчато-зернистой структуры. Гориз. А довольно мощный—до 80 cm.	0,0021	0,0043	0,022	—	0,003
Могучій пырейный покровъ.	2) На глуб. около 1,2 м. Гориз. Д. Желтобурая глина, обильно усѣянная кротовинами и ходами червей. Вкрапленія бѣлоглазки —ничтожны. и на глуб. 2 м.—совершено пропадаютъ.	0,001	0,0052	0,018	—	—

	3) На глуб. около 3,5 м.—второй гориз. бѣлоглазки. Послѣдняя снова стала появляться очень рѣдкими и слабыми вкрапленіями, на глуб. около 3,4 м. Занимаетъ слой мощностью лишь около 30 cm. Далѣе идетъ однородная краснобурая глина.	0,0023	0,0040	0,0072	—	—
	4) На глуб. около 5 м. Краснобурая глина безъ всякихъ видимыхъ вкрапленій. Видны только ходы червей и остатки корневыхъ нитей. Пущенный до глуб. 6 м. буръ не встрѣтилъ гипсовыхъ скопленій.	0,0023	0,0112	0,0083	—	—
Кварталъ № 33. Посадки 77—79 г.г. Насажденіе погибло уже въ 15-ти-лѣтнемъ возрастѣ. Послѣ этого—все было вырублено и выкорчевано. 2 года были баштаны, а въ 1904 г. вновь совершена посадка новыхъ породъ (дубъ, ясень, кленъ татарскій, кленъ остролистный). Особенно плохо насажденіе было на той сторонѣ квартала, которая обращена къ N. Яма вырыта, однако, на южномъ склонѣ, въ виду того, что сѣверный склонъ соприкасается съ вышеописанимъ 41-мъ кварталомъ.	A+B=всего 30 cm. Далѣе идетъ желтобурая глина. Скопленія $CaCO_3$ совершенно ничтожны и появляются лишь на глуб. около 1,5 м.; постепенно рѣдѣя, совершенно пропадаютъ на глуб. 2,2 м. Яма вырыта до глуб. 3 м. Пущеный далѣе буръ (до глуб. 5 м.) не встрѣтилъ ни второго горизонта бѣлоглазки, ни гипса.					
	1) На глуб. около 1,8 cm. (Гориз. бѣлоглазки Д).	0,0183	0,0181	0,022	—	—
	2) На глуб. 3 м. Желтобурая однородная глина.	0,0192	0,0198	0,028	—	—
Кварталъ № 9. Посадка 78 г. Ясень, берестъ. Совершенно погибшій кварталъ. Часть его уже выкорчевана и занята бахчами. По условіямъ рельефа можно ожидать значительной выщелоченности. Яма вырыта въ вершинѣ впадинки.	Сильно и мощно развитый гориз. A (=98 cm.) и B (=23 cm). На глуб. около 1,25 м. языками и натеками переходятъ въ темнобурую глину. Бѣлоглазка, крайне слабо выраженная, и занимающая собой совсѣмъ ничтожный слой, попадается лишь на глуб. 3 м. Далѣе идетъ совершенно однородная красно-бурая глина. Копаніе ямы кончено на глуб. 4 м.					

Наименованіе квартала, въ которомъ сдѣланъ почвенный разрѣзъ. Краткая характеристика насажденія.	Глубина, съ которой взятъ образецъ и краткая метеорологическая характеристика этихъ слоевъ.	Составъ водной вытяжки.				
		Cl	SO_3	Na_2CO_3	K_2O	N
	1) На глуб. около 1 м. Переходной горизонтъ.	0,0033	0,0067	0,0043	—	слѣды.
	2) На глуб. - около 2 м.	0,0021	0,0055	0,0071	—	—
	3) На глуб.—около 3 м. Гориз. бѣлоглазки.	0,0023	0,0093	0,0028	—	—
	4) На глуб. 4 м. Однородная красно-бурая глина.	0,0020	0,0064	0,0063	—	--
Кварталъ № 39. Насажденіе 82 г. Ясень, берестъ. Яма вырыта неподалеку отъ ямы Г. Н. Высоцкаго („Почвовѣдѣніе“ за 1900 г.). Насажденіе погибающее.	Тяжелый глинистый черноземъ. Гориз. A=68 cm.; гориз. B = 23 cm. На глуб. — около 93 cm. начинается свѣтло-буро-желтая глипа. Гориз. бѣлоглазки, начинаясь на глуб. 1,15 м. рѣзко заканчивается на глуб. 1,55 cm. Выдѣленія $CaCO_3$ весьма обильны. Съ 2,25 м. начинается гипсоносный слой. Громадныя друзы гипса замѣчаются особенно на глуб. около 3 м. На глуб. 3, 5 м. гипсъ пропадаетъ. Яма вырыта до глуб. 4 м.					
	1) На глуб. около 25 с. Гориз. A.	0,0038	0,0051	0,0180	—	0,018
	2) На глуб. около 1,3 м. Гориз. бѣлоглазки (D).	0,0031	0,0049	0,0643	—	—
	3) На глуб. около 2,6 м. Гипсоносный гор. (G).	0,0023	0,5831	0,0222	--	—
	4) На глуб. 3,5 м. Приблизительная граница исчезновенія гипса.	0,0066	0,6007	0,0401	—	—
	5) На глуб. 4 м. Буровато-красная глина.	0,0069	0,1403	0,0298	слѣды.	—
Кварталъ № 22. Совершенно погибающее насажденіе акаціи. SE участка. Пологій склонъ къ S.	Гориз. A+B очень слабый (около 50 cm.). На глуб. 95 cm. сильно выраженный горизонтъ бѣлоглазки, занимающій собой слой въ 38 cm. На глуб. 3 м. гипсовый горизонтъ. Обильныя скопленія отдѣльныхъ кристалловъ и друзъ гипса.					

	1) На глуб. около 15 cm. (A).	0,0027	0,0039	0,0028	—	0,0027
	2) На глуб. 1,1 м. (слой бѣлоглазки).	0,0053	0,0057	0,0041	—	слѣды.
	3) На глуб. 3 м. (гипсовый слой).	0,0088	0,4032	0,006	—	—
Кварталъ № 5. Одинъ изъ самыхъ лучшихъ кварталовъ Лѣсничества. Насажденія имѣютъ прекрасный видъ.	На глуб. 1,3 м. Гориз. бѣлоглазки (очень слабо развитой).	0,0047	0,0020	0,0041	0,0007	0,0040
	На глуб. 2,7 м. Однородная желто-бурая глина.	0,0083	0,0019	0,0030	слѣды.	0,0023
	На глуб. 3,9 м.—Idem.	0,0088	0,0073	0,0812	—	0,0044
	На глуб. 4,5 м. Красновато-бурая глина безъ видныхъ включеній.	0,0100	0,0093	0,0633	0,0005	0,0027
Кварталъ № 18. Также одинъ изъ лучшихъ кварталовъ. Посадка 60—63 г.г Ясень, берестъ, кленъ.	1) На глуб. около 25 cm. Черноземъ (гор. A).	0,0036	0,0036	0,0040	—	0,0082
	2) На глуб. 1,5 м. Свѣтло-желтая лессовидная глина. Совершенно однородная.	0,0028	0,0046	0,0083	слѣды.	0,0085
	3) Гориз. бѣлоглазки (Д), ничтожный по развитію, быстро сходящій на нѣтъ. На глуб. 2,5 м.	0,0030	0,0024	0,1020	0,0001	0,0027
	4) На глуб. 4 м.—однородная красно-бурая глина.	0,0101	0,0073	0,1001	0,0001	0,0072
	5) На глуб. 5 м. Id.	0,0120	0,0090	0,1006	слѣды.	0,0032
Кварталъ № 28. Насажденіе 76—80 г.г. Главн. образомъ—берестъ. Лѣсъ имѣетъ очень хорошій видъ. Яма выкопана въ вершинѣ лощины.	Крайне слабо развиты горизонты A+B (=около 30 cm). Постепенный переходъ въ желто-бурую глину. На глуб. уже 75 cm. обильныя выдѣленія бѣлоглазки. Съ 1,5 м. бѣлоглазка совершенно пропадаетъ. На глуб. 4 м.—второй горизонтъ бѣлоглазки. Въ гориз. A и C—масса зеренъ кварца.					
	1) На глуб. около 25 cm. (A).	0,0027	0,0016	0,0036	0,0002	0,0098
	2) На глуб. около 1 м. Гориз. бѣлоглазки.	0,0018	0,0023	0,082	0,0003	0,0085
	3) На глуб. около 2,5 м. Однородный свѣтло-желтый тяжелый суглинокъ.	0,0103	0,0084	0,1001	слѣды.	0,0078
	4) На глуб. около 4 м. Второй гориз. бѣлоглазки.	0,0149	0,0132	0,0857	0,0002	0,0087

Сода („щелочность“)—титрованіемъ раствора (предварительно прокипяченнаго, съ цѣлью разрушить двууглекислую известь) центинормальной сѣрной кислотой (индикаторъ—метилоранжъ).

Сѣрная кислота (съ цѣлью узнать количество *сульфатовъ*)—обычнымъ путемъ (осажденіемъ $BaCl_2$).

Результаты анализовъ, вмѣстѣ съ краткой характеристикой изслѣдованныхъ кварталовъ и краткимъ описаніемъ почвенныхъ разрѣзовъ, сведены мною въ вышеприведенныхъ таблицахъ.

Если бы мы пожелали, на основаніи этихъ цифръ, выяснить себѣ степень того или другого вліянія той или другой концентраціи различныхъ растворимыхъ солей на ростъ посадокъ, то положительно затруднились бы сдѣлать, даже приближенно, какія-либо опредѣленныя заключенія.

Дѣйствительно, разсмотримъ вкратцѣ количество каждаго вещества въ отдѣльности параллельно съ состояніемъ посадокъ:

Хлоръ (количество его даетъ намъ представленіе о количествѣ въ различныхъ образцахъ *хлоридовъ*).

Кв. 41 Количество Cl колеблется отъ 0,0017% до 0,003%
Посадки гибнутъ.

„ 69 „ „ „ „ 0,001% до 0,0023%
Посадки гибнутъ.

„ 33 „ „ „ „ 0,0099% до 0,0192%
Посадки гибнутъ.

„ 9 „ „ „ „ 0,002% до 0,0033%
Посадки гибнутъ.

„ 39 „ „ „ „ 0,0023% до 0,0069%
Посадки гибнутъ.

„ 22 „ „ „ „ 0,0027% до 0,0088%
Посадки гибнутъ.

„ 5 „ „ „ „ 0,0047% до 0,0100%
Прекрасный видъ посадокъ.

„ 13 „ „ „ отъ 0,0028% до 0,0120%
Прекрасный видъ посадокъ.

„ 28 „ „ „ отъ 0,0018% до 0,0149%
Прекрасный видъ посадокъ.

Очевидно, что въ *изслѣдуемыхъ пунктахъ гибель посадокъ не находится въ связи съ имѣющимся тамъ количествомъ хлоридовъ.*

Сѣрная кислота (дающая намъ представленіе о количествѣ въ изслѣдуемыхъ образцахъ *сульфатовъ*).

					Проценты.		
Кв. 41.	Количество SO_3	колеблется	отъ		0,005	до	0,1683
„ 69	„	„	„	„	0,0040	„	0,0112
„ 33	„	„	„	„	0,0181	„	0,0199
„ 9	„	„	„	„	0,0055	„	0,0093
„ 39	„	„	„	„	0,0049	„	0,6007
„ 22	„	„	„	„	0,0039	„	0,4032
„ 5	„	„	„	„	0,0019	„	0,0093
„ 13	„	„	„	„	0,0013	„	0,009
„ 28	„	„	„	„	0,0016	„	0,0132

Очень затруднительно связать фактъ засыханія посадокъ и съ количествомъ сульфатовъ въ изслѣдуемыхъ почвахъ.

Сода („щелочность“).

					Проценты.		
Кв. 41.	Количество Na_2CO_3	колеблется	отъ		0,0075	до	0,0188
„ 69	„	„	„	„	0,0072	„	0,022
„ 33	„	„	„	„	0,022	„	0,029
„ 9	„	„	„	„	0,0028	„	0,007
„ 39	„	„	„	„	0,018	„	0,0643
„ 22	„	„	„	„	0,0028	„	0,006
„ 5	„	„	„	„	0,0030	„	0,0812
„ 13	„	„	„	„	0,004	„	0,102
„ 28	„	„	„	„	0,003	„	0,1001

И по отношенію къ содѣ—мы не можемъ констатировать, на основаніи полученныхъ цифръ, какой-либо прямой связи между тѣмъ или другимъ количествомъ этого соединенія и характеромъ роста насажденій.

Если же мы еще прибавимъ сюда, что у насъ до сихъ поръ въ рукахъ не имѣется почти никакихъ, точно-установ-

вленныхъ выводовъ о степени вредности той или другой концентраціи того или другого изъ вышеупомянутыхъ соединеній, то безнадежность правильнаго рѣшенія вопроса о причинахъ гибели Вел.-Анадольскихъ посадокъ, путемъ лишь параллельныхъ анализовъ почвъ и грунтовъ подъ здоровыми посадками и посадками погибающими—еще болѣе подчеркивается.

Разсматривая всѣ вышеприведенныя таблицы, мы можемъ, однако, отмѣтить въ нихъ бросающееся въ глаза, странное на первый взглядъ, лишь совпаденіе между содержаніемъ въ глубокихъ горизонтахъ почвы *азота* (а *отчасти* и K_2O) и тѣмъ или другимъ видомъ посадокъ, а именно: *подъ погибающими насажденіями мы не встрѣчаемъ, на извѣстной глубинѣ, совершенно азотистыхъ растворимыхъ въ водѣ соединеній; что касается калія, то послѣдній или отсутствуетъ также, или же количество его выражается лишь „слѣдами“*. Наоборотъ, въ грунтахъ подъ здоровыми посадками мы встрѣчаемъ азотную кислоту довольно равномѣрно распредѣленной во всей толщѣ разрѣза. Относительно калія затруднительно что-либо сказать опредѣленное, такъ какъ при анализахъ пришлось имѣть дѣло со слишкомъ ничтожными количествами его.

Полное *отсутствіе* въ болѣе или менѣе глубокихъ горизонтахъ нѣкоторыхъ пунктовъ растворимыхъ въ водѣ *азотистыхъ соединеній* заставило меня обратить вниманіе и на фосфорнокислыя соединенія почвы. Предполагая такимъ образомъ изучить количества *удобоусвояемыхъ азота, фосфора и калія* въ изслѣдуемыхъ почвахъ я за *исходный пунктъ* взялъ въ своихъ анализахъ тѣ растворители, которые примѣняются съ этой же цѣлью по отношенію къ сельско-хозяйственнымъ культурнымъ растеніямъ и которые указаны были мною выше. Эти анализы могли бы служить мнѣ *отправнымъ пунктомъ* для дальнѣйшихъ въ этомъ отношеніи изслѣдованій.

Анализы эти, въ своемъ результатѣ, даютъ намъ слѣдующую картину:

Наименованіе квартала.	На какой глубинѣ взятъ образецъ.	Колич. удобоусвояемыхъ:		
		P_2O_5	N	K_2O
Кв. 41.	1,3 м.	0,0014	0,0002	слѣды.
	2,5 „	н ѣ	т ъ.	слѣды.
	4 „	н	ѣ т	ъ.
Кв. 33.	1,8 м.	0,0003	н ѣ	т ъ.
	3 „	н ѣ	т ъ.	слѣды.
	4,5 „	н	ѣ т	ъ.
Кв. 9.	1 м.	слѣды.	0,0004	слѣды.
	2 „	н	ѣ т	ъ.
	3 „	н	ѣ т	ъ.
	4 „	н	ѣ т	ъ.
Кв. 39.	1,3 м.	н ѣ	т ъ.	0,0003
	2,6 „	н ѣ	т ъ.	слѣды.
	3,5 „	н	ѣ т	ъ.
	4 „	н ѣ	т ъ.	слѣды.
Кв. 22.	1,1 м.	0,0005	0,0014	0,0004
	3 „	н	ѣ т	ъ.
Кв. 5.	1,3 м.	0,0047	0,0073	0,0012
	2,7 „	0,0071	0,0036	0,0003
	3,9 „	0,0069	0,0072	0,0002
	4,5 „	0,0083	0,0051	0,0010
Кв. 28.	1 м.	0,0073	0,0099	0,0008
	2,8 „	0,0077	0,0103	0,0002
	4 „	0,0071	0,0103	0,0004

Изъ приведенныхъ таблицъ мы видимъ, что и при примѣненіи болѣе сильныхъ растворителей намъ *приходится констатировать почти полное отсутствіе P_2O_5 и N* (а частью и K_2O) *въ глубокихъ горизонтахъ почвы подъ погибающими посадками.*

Тогда мною была примѣнена къ опредѣленію P_2O_5 и K_2O вытяжка 1% холодной соляной кислотой (въ продолженіе 24 часовъ). Результаты сведены въ слѣдующей таблицѣ:

Наименованіе квартала.	Количество перешедшихъ въ вытяжку (въ %).		
	На какой глуб. взятъ образецъ.	P_2O_5	K_2O
Кв. 41.	1,3 м.	0,0017	0,0003
	2,5 „	с л ѣ	д ы.
	4 „	н ѣ	т ъ.
Кв. 33.	1,8 м.	0,0005	слѣды.
	3 „	нѣтъ.	0,0001
	4,5 „	н ѣ	т ъ.
Кв. 9.	1 м.	0,0013	0,0004
	2 „	слѣды.	нѣтъ.
	3 „	нѣтъ.	слѣды.
	4 „	н ѣ	т ъ.
Кв. 39.	1,3 м.	0,0004	0,0007
	2,6 „	нѣтъ.	0,0003
	3,5 „		нѣтъ.
	4 „		0,001

Наименованіе квартала.	Количество перешедшихъ въ вытяжку (въ $^0/_0$).		
	На какой глуб. взятъ образецъ.	P_2O_5	K_2O
Кв. 22.	1,1 м.	0,0008	0,0006
	3 "	нѣтъ.	слѣды.
Кв. 5.	1,3 м.	0,0053	0,0019
	2,7 "	0,0093	0,0009
	3,9 "	0,0101	0,0008
	4,5 "	0,0111	0,0021
Кв. 28.	1 м.	0,0091	0,0012
	2,5 "	0,0122	0,0007
	4 "	0,0100	0,0007

То же самое совпаденіе приходится намъ констатировать, какъ мы видимъ, и при *примѣненіи $1^0/_0$ соляно-кислой холодной вытяжки.*

Такимъ образомъ, въ грунтахъ изслѣдуемыхъ пунктовъ (съ погибающими насажденіями), на извѣстныхъ глубинахъ, мы видимъ въ minimum'ѣ P_2O_5 и азотъ (частью и K_2O). Едва-ли мы можемъ игнорировать этотъ фактъ, хотя бы *исходя изъ того основного положенія* физіологіи растеній, что безъ N и безъ P_2O_5 немыслима жизнь и развитіе растительнаго организма.

Для того, чтобы рѣшить вопросъ, представляетъ-ли собой этотъ фактъ *общее явленіе* вообще для степныхъ грунтовъ, мною были произведены глубокіе разрѣзы въ открытой безлѣсной степи, находящейся по сосѣдству съ Вел.-Анадольской Лѣсной дачей, а именно на землѣ с. Павловки (къ S отъ

В.-А. лѣса), на оброчной статьѣ Фермской (къ W отъ В.-А. лѣса), на землѣ с. Благодатное (къ N отъ В.-А. лѣса) и на оброчной статьѣ Вел. Анад. (къ SW отъ В.-А. лѣса),

Всѣ послойные анализы еще не закончены мною; я приведу здѣсь данныя, касающіяся пока лишь болѣе глубокихъ (для насъ представляющихъ въ настоящее время наибольшій интересъ) горизонтовъ.

Результаты этихъ анализовъ приведены въ слѣдующей таблицѣ:

	Глубина, на которой взятъ образецъ.	Количество „удобоусвояемыхъ“ веществъ въ $^0/_0$ высуш. при 105° вещества.			Перешло въ $1^0/_0$ солянокислую вытяжку.	
		P_2O_5	N	K_2O	P_2O_5	K_2O
№ 1. Земля с. Павловки. Пологій склонъ къ Сѣверу.	1,25 м. Гориз. бѣлоглазки.	0,0012	0,0052	0,0003	0,0018	0,0012
	2,73 м. Горизонтъ „промежуточный“ (E). Свѣтложелтая глина.	0,0021	0,0031	0,0007	0,0041	0,0006 (?)
	4,1 м. Гипсоносный горизонтъ. (G).	0,0008	0,0009	0,0004	0,0021	0,0012
№ 2. Оброчная ст. Фермская. Вершина впадинки.	1,9 м. Очень слабо выраженный гориз. бѣлоглазки.	0,0063	0,0029	0,0002	0,0081	0,0004
	3 м. Однородная краснобурая глина.	0.0051	0,0037	0,0003	0,0121	0,0010
	4. Idem.	0,0071	0,0041	0,0008	0,0004 (?)	0,0021
№ 3. Оброчная статья Вел. Анад. Верш. впадинки.	1,73 м. Очень слабо выраженный горизонтъ бѣлоглазки.	0,0061	0,0088	0,0004	0,0121	0,0011

	Глубина на которой взятъ образецъ.	Количество „удобоусвояемыхъ" веществъ въ % высуш. при 105° вещества.			Перешло въ 1% солянокислую вытяжку.	
		P_2O_5	N	K_2O	P_2O_5	K_2O
	2,85 м. Однородная буро-желтая глина.	0,0071	0,0099	0,0003	0,0083	0,0008
	3,8 м. Второй горизонтъ бѣлоглазки (еле выраженный).	0,0031	0,0051	0 0005	0,0047	0,0010
	4,2 м. Красно-бурая глина.	0,0020	0,0038	0,0003	0,0083	0,0005
№ 4. Земля с. Благодати. Слабый пологій склонъ къ S.	1,3 м. Гориз. бѣлоглазки.	0,0008	0,0031	0,0002	0,0012	0,0008
	3,2 м. Второй гориз. бѣлоглазки.	0,0021	0,0027	0,0003	0,0043	0,0008
	4,1 м. Гипсоносный горизонтъ.	0,0097	0,0009	слѣды	0,0131	0,0006

Приведенныя цифры показываютъ намъ, что во всѣхъ изслѣдованныхъ пунктахъ, касающихся открытыхъ степныхъ пространствъ, не испытавшихъ на себѣ вліянія лѣса, намъ *не* приходится констатировать того страннаго явленія, которое мы съ такимъ постоянствомъ встрѣчали въ грунтахъ подъ погибающими насажденіями, а именно: количества „удобоусвояемыхъ" P_2O_5 и N (поскольку можно объ этомъ судить по вышеупомянутымъ растворителямъ) распредѣляются здѣсь довольно равномѣрно по всѣмъ горизонтамъ почвеннаго разрѣза, а главное, представляютъ собой далеко не незначительныя количества (особенно въ тѣхъ пунктахъ, гдѣ по условіямъ рельефа можно ожидать энергичнаго промоканія).

Обстоятельство это (подтверждаемое, правда, пока лишь незначительнымъ количествомъ анализовъ) заставляетъ насъ за-

подозрить, что *фактъ сильнѣйшаго обѣднѣнія глубокихъ горизонтовъ степныхъ грунтовъ фосфорной кислотой и азотомъ* (частью и каліемъ) *есть явленіе вторичное, вызываемое въ нихъ уже поселившимся лѣсомъ.*

Какая же причина этому явленію? Почему разъ поселившійся въ степи лѣсъ такъ энергично истощаетъ глубокіе горизонты по отношенію къ N и P_2O_5? Почему мы не замѣчаемъ такого же вліянія лѣсной растительности въ лѣсостепной и лѣсной области? Можетъ ли это явленіе служить однимъ изъ новыхъ факторовъ для объясненія гибели въ извѣстномъ возрастѣ лѣсныхъ насажденій въ степи? И т. д., и т. д. Всѣ эти и имъ подобные вопросы могутъ, мнѣ кажется, разрѣшаться, съ достаточной долей вѣроятности, путемъ слѣдующихъ соображеній.

Каждый лѣсной массивъ, распространяя свою корневую систему въ глубокихъ горизонтахъ почвы, отнимаетъ ежегодно отъ послѣднихъ громадныя количества питательныхъ веществъ, часть которыхъ онъ и скопляетъ въ своей листвѣ. Послѣдняя, съ окончаніемъ вегетаціоннаго періода, опадаетъ на поверхность почвы, унося съ собой весьма значительное количество различныхъ органическихъ и зольныхъ составныхъ частей. Эти послѣднія, подвергаясь разложенію и дѣйствію атмосферныхъ осадковъ, въ извѣстной своей части вмываются обратно въ почвенные горизонты. Въ тѣхъ районахъ, гдѣ, по условіямъ-ли климатическимъ или по условіямъ рельефа, физическимъ свойствамъ почвы пр., возможно сквозное промачиваніе до глубокихъ горизонтовъ почвы, тамъ мы должны получать какъ бы равновѣсіе между количествомъ ежегодно *отнимаемыхъ* лѣсной растительностью питательныхъ веществъ изъ глубокихъ горизонтовъ и количествомъ тѣхъ же веществъ, ежегодно *вмываемыхъ* туда [1]).

[1]) Исключая, конечно, тѣхъ соединеній, которыя идутъ на построеніе тканей въ растительномъ организмѣ.

Наоборотъ, въ тѣхъ районахъ, гдѣ сквозное промачиванiе, въ силу тѣхъ или другихъ условiй, невозможно, гдѣ, напр., существуетъ *мертвый горизонтъ* изсушенiя, тамъ мы должны ожидать совсѣмъ другой картины: лѣсной массивъ, вытягивая изъ такихъ грунтовъ громадныя количества различныхъ питательныхъ веществъ и скопляя часть послѣднихъ въ своей листвѣ, уже не въ состоянiи будетъ обратно получить этихъ веществъ къ своимъ глубоко-идущимъ корнямъ, такъ какъ всѣ растворимые продукты разложенiя опавшей листвы, сучьевъ и др. будутъ вмываться лишь до опредѣленной границы, не достигая, такимъ образомъ, корней, распространяющихся въ глубокихъ горизонтахъ.

Въ такихъ случаяхъ мы должны ожидать *хроническаго, ежегоднаго истощенiя лѣсной растительностью глубокихъ горизонтовъ почвы по отношенiю ко всѣмъ питательнымъ веществамъ*. Въ районахъ же со сквознымъ промачиванiемъ грунта мы встрѣчаемся, правда, съ тѣмъ же хроническимъ истощенiемъ глубокихъ горизонтовъ почвы, но тамъ — въ силу извѣстныхъ условiй, *лѣсъ самъ же себя и ежегодно*, такъ сказать, *удобряетъ*.

Что атмосферная вода выщелачиваетъ изъ растительныхъ остатковъ весьма большiя количества органическихъ и минеральныхъ соединенiй, даже тогда, когда остатки эти не подвергались никакимъ процессамъ разложенiя (слѣдовательно, въ первые же дожди послѣ листопада), это мы уже видѣли изъ опытовъ, изложенныхъ въ предыдущихъ главахъ.

Мы посмотримъ лишь, насколько велико количество различныхъ питательныхъ веществъ, заключающееся въ опадающей ежегодно листвѣ и вычисленное на какую нибудь опредѣленную единицу пространства.

Въ кварталахъ №№ 26, 25 и 17 мною были выдѣлены небольшiя дѣлянки и на послѣднихъ въ серединѣ лѣта была счищена вся лѣсная подстилка (опавшiе листья, сучья и др.).

По окончаніи листопада, съ этихъ дѣлянокъ были собраны опавшіе листья, высушены на воздухѣ и взвѣшены. Получены слѣдующія данныя (я перечисляю ихъ прямо на 1 десят. Опавшіе сучья въ счетъ не идутъ).

На кв. 26	1884	килогр.
„ „ 25	2304	„
„ „ 17	1620	„

Въ среднемъ мы можемъ считать, что на пространствѣ 1 дес. ежегодно опадаетъ 1936 кил. листвы (воздушно-сухой).

Анализъ этихъ листьевъ (изъ послѣднихъ была сдѣлана смѣсь различныхъ породъ, господствующихъ въ упомянутыхъ выше кварталахъ) далъ слѣдующія цифры (анализъ произведенъ, главнымъ образомъ, по отношенію лишь къ интересующимъ насъ сейчасъ веществамъ).

K_2O	13,06	gr.
CaO	20,11	„
P_2O_5	18,89	„
Fe_2O_3	1,03	„
N	32,03	„

Такимъ образомъ, на пространствѣ одной десятины лѣсной массивъ, вмѣстѣ съ опадающей листвой, ежегодно теряетъ въ среднемъ (въ круглыхъ цифрахъ):

K_2O	около	25	килогр.
P_2O_5	„	36	„
N	„	61	„

Таками значительными количествами P_2O_5, N и K_2 истощаетъ почвенные горизонты лѣсной массивъ *втеченіе лишь одного года*.

Конечно, количество это сильно варіируетъ, въ зависимости отъ возраста лѣса, отъ характера древесныхъ породъ, отъ метеорологическихъ условій и пр., и пр.

Въ общемъ мы все же можемъ представить, что лѣсъ, по мѣрѣ своего роста и развитія, сбрасываетъ съ себя ежегодно все большее и большее количество листвы. Если прибавить къ этому, что въ то-же время онъ развиваетъ свою корневую систему все болѣе и болѣе въ глубокихъ горизонтахъ (вообще бѣднѣйшихъ по содержанію, вывѣтрившихся, болѣе удобоусвояемыхъ соединеній сравнительно съ поверхностными горизонтами), то мы въ правѣ ожидать что, *при наличности мертваго горизонта изсушенія* (чѣмъ бы онъ ни вызывался), въ жизни лѣсного массива, истощающаго все болѣе и болѣе почвенные горизонты, можетъ, наконецъ, наступить тотъ критическій періодъ, когда необходимыхъ питательныхъ веществъ для него будетъ не хватать, и онъ будетъ показывать всѣ признаки угнетеннаго роста.

Съ такимъ именно явленіемъ намъ и приходится, мнѣ кажется, встрѣчаться при изслѣдованіи нѣкоторыхъ погибающихъ насажденій въ Велико-Анадольской дачѣ (см. вышеприведенные анализы). *Глубокіе горизонты почвы подъ нѣкоторыми погибающими насажденіями иногда совершенно, какъ мы видѣли, лишены удобоусвояемыхъ азотистыхъ и фосфорнокислыхъ соединеній. И въ этомъ явленіи мы не можемъ не видѣть одну изъ возможныхъ причинъ гибели, въ извѣстномъ возрастѣ, Велико-Анадольскихъ искусственныхъ насажденій.*

Я *конечно далекъ* отъ мысли видѣть въ этомъ фактѣ единственную и общую причину неудачъ степного лѣсоразведенія. Далеко нѣтъ. *Явленіе это слишкомъ сложно*, чтобы можно было объяснять его какой-либо одной, общей причиной. Предъидущими изслѣдователями подчеркивался фактъ повышенной соленосности степныхъ грунтовъ, какъ главная причина гибели насажденій; настоящей работой выдвигается въ рѣшеніи

этого вопроса новый факторъ—*роль веществъ, находящихся въ степныхъ грунтахъ въ minimum'ѣ.* Едва ли можно сомнѣваться, что при расширеніи и детализаціи изслѣдованій въ этой области будутъ, быть можетъ, найдены еще и новые факторы. Все это еще разъ подчеркиваетъ необходимость полнаго пересмотра этого интереснѣйшаго вопроса и окончательнаго его рѣшенія только *путемъ экспериментальнымъ.* Въ настоящее время является настоятельнѣйшая необходимость выяснить путемъ какихъ-либо особо-организованныхъ вегетаціонныхъ опытовъ, цѣлый рядъ вопросовъ тѣсно связанныхъ съ физіологіей питанія древесныхъ породъ: какія вещества почвы и въ какихъ соединеніяхъ необходимы различнымъ породамъ, какія изъ нихъ и въ какой формѣ являются доступными корнямъ тѣхъ или другихъ породъ, какія изъ нихъ являются вредными и въ какой концентраціи и пр. и пр.

Только разрѣшивъ всѣ эти вопросы съ экспериментальной стороны, мы и будемъ въ состояніи окончательно рѣшить вопросъ о причинахъ неудачъ степного лѣсоразведенія.

Дальнѣйшая разработка собраннаго мною, весьма большого, матеріала продолжается. На основаніи тѣхъ данныхъ, которыя изложены мною въ этой главѣ, мы все же можемъ сдѣлать слѣдующія заключенія:

1) Общераспространенная гипотеза о повышенной солености степныхъ грунтовъ, какъ главнѣйшей причинѣ гибели искусственныхъ насажденій, не находитъ себѣ подтвержденія въ тѣхъ данныхъ, которыя получены мною при изслѣдованіи нѣкоторыхъ погибающихъ кварталовъ Вел.-Анадольскаго лѣса.

2) Весь вопросъ о причинахъ неудачъ степного лѣсоразведенія долженъ быть подвергнутъ всестороннему и тщательному пересмотру. И такъ какъ связь этого явленія съ почвенно-грунтовыми условіями — внѣ сомнѣній, то необходимо этому пересмотру предпослать *экспериментальную разработку* вопросовъ, тѣсно связанныхъ съ физіологіей питанія древес-

ныхъ растеній (какія вещества почвы и въ какихъ соединеніяхъ необходимы различнымъ древеснымъ породамъ въ различныя стадіи ихъ роста, при различныхъ внѣшнихъ условіяхъ и пр., какія изъ нихъ и въ какой формѣ являются доступными корнямъ тѣхъ или другихъ породъ, какія изъ нихъ являются вредными и въ какой концентраціи и т. п.). Всѣ эти вопросы могутъ быть успѣшно разрѣшены путемъ особоприспособленныхъ вегетаціонныхъ опытовъ.

3) На основаніи тѣхъ данныхъ, которыя получены мною при изслѣдованіяхъ Вел.-Анадольскихъ почвъ и грунтовъ, мы можемъ пока предположить, что *одной изъ возможныхъ* причинъ гибели, въ извѣстномъ возрастѣ, искусственныхъ насажденій является тамъ крайне незначительное количество (а иногда и полное отсутствіе) въ глубокихъ горизонтахъ почвы P_2O_5 и N (частью и K_2O).

4) Почти полное отсутствіе въ степныхъ грунтахъ изслѣдуемой мѣстности P_2O_5 и N (частью и калія) есть явленіе вторичное, вызываемое въ нихъ уже поселившимся лѣсомъ, и наблюдается лишь въ тѣхъ пунктахъ, гдѣ, въ силу ли особаго рельефа, или въ силу особыхъ физическихъ свойствъ почвы и грунта, или, наконецъ, въ силу особыхъ метеорологическихъ условій, можно ожидать присутствія „мертваго горизонта изсушенія“.

5) Явленіе это представляетъ собой результатъ систематическаго, ежегоднаго истощенія лѣсомъ питательныхъ веществъ глубокихъ горизонтовъ почвы. Отнимая ежегодно отъ послѣднихъ громадныя количества питательныхъ веществъ, лѣсной массивъ часть ихъ скопляетъ въ своей листвѣ. Послѣдняя, съ окончаніемъ вегетаціоннаго періода, опадаетъ на поверхность почвы, унося съ собой весьма значительное количество различныхъ органическихъ и зольныхъ составныхъ частей. Эти послѣднія, во время процессовъ разложенія листвы, въ извѣстной своей части (очень значительной) вмываются обратно въ поч-

венные горизонты. Въ тѣхъ районахъ, гдѣ сквозного промачиванія грунта нѣтъ („мертвый горизонтъ изсушенія"), тамъ минерализованные продукты вмываются лишь до опредѣленной границы, не достигая глубоко распространяющихся частей корня. Тамъ мы встрѣчаемся съ явленіемъ ежегодно увеличивающагося истощенія глубокихъ горизонтовъ почвы, влекущимъ за собой неизбѣжно и гибель лѣсныхъ насажденій. Тѣ же пункты, гдѣ по тѣмъ или другимъ условіямъ, можно ожидать сквозного промачиванія (напр., вершины впадинокъ и т. п.), мы должны признать лѣсопригодными: тамъ лѣсной массивъ, истощая ежегодно глубокіе горизонты почвы питательными веществами, самъ же себя ежегодно и удобряетъ. Аналогичный процессъ мы наблюдаемъ въ лѣсной и лѣсо-степной области [1]).

На разсмотрѣнныхъ явленіяхъ гибели искусственныхъ лѣсонасажденій въ степи, мы, такимъ образомъ, лишній разъ убѣждаемся, какую важную роль играютъ растворимые продукты разложенія растительныхъ остатковъ въ вопросѣ плодородія почвы, вызывая часто, какъ мы видѣли, цѣлыя перераспредѣленія питательныхъ веществъ по различнымъ ея горизонтамъ, а тѣмъ самымъ представляя собой важнѣйшій моментъ въ жизни послѣдующихъ поколѣній культивируемыхъ растеній.

Въ разсмотрѣнномъ фактѣ мы видимъ какъ разъ наиболѣе рѣзкій примѣръ, иллюстрирующій намъ значеніе въ жизни растеній этихъ продуктовъ разложенія. Но нѣтъ сомнѣнія, что процессы эти мы должны учитывать и при культурѣ всѣхъ другихъ растеній, въ томъ числѣ и сельско-хозяйственныхъ.

---

[1]) Изложенные взгляды на возможныя причины усыханія Вел.-Анад. посадокъ встрѣтили возраженія со стороны г. *Высоцкаго* („О предполагаемомъ лѣсоистощеніи степныхъ грунтовъ". Лѣсной Журн. 1908, III). Въ кн. IV того же журнала напечатанъ мой подробный отвѣтъ на эти возраженія.

Правда, благодаря сравнительно неглубоко развивающейся корневой системѣ, имѣющей распространеніе въ горизонтахъ почвы, обычно всегда промываемыхъ атмосферной водой, упомянутыя явленія дадутъ себя знать, быть можетъ, не такъ рѣзко и быстро; но, во всякомъ случаѣ, такіе, напр., процессы, какъ поглощеніе верхними горизонтами почвы части вмываемыхъ продуктовъ разложенія — съ одной стороны, съ другой, наоборотъ — растворяющее дѣйствіе этихъ послѣднихъ на составныя части почвы, должны играть, особенно, путемъ суммарнаго воздѣйствія втеченіе ряда лѣтъ, весьма важную роль и въ жизни такихъ сравнительно короткокорныхъ растеній, какими являются растенія сельско-хозяйственныя.

Но вопросы эти найдутъ себѣ разрѣшеніе въ полномъ объемѣ лишь тогда, когда болѣе детально и разносторонне будутъ изучены процессы взаимодѣйствія между составными частями почвы и растворимыми въ водѣ продуктами разложенія отмирающихъ ежегодно растительныхъ остатковъ, вмываемыми въ почвенные горизонты помощью атмосферныхъ осадковъ. Детальная разработка этихъ вопросовъ потребуетъ однако для себя еще весьма и весьма много труда и работы, особенно, если мы примемъ во вниманіе, какъ разнообразны будутъ эти процессы въ природѣ, въ зависимости отъ физическихъ и химическихъ свойствъ почвы, отъ состава и количества отмирающей растительной массы, отъ количества и времени выпаденія атмосферныхъ осадковъ, отъ метеорологическихъ условій данной мѣстности, ея рельефа и пр. и пр.

Изложенные же выше мои изслѣдованія имѣли своей задачей, какъ я уже и имѣлъ случай подчеркнуть это раньше, нарисовать пока лишь общую схему изучаемыхъ, весьма сложныхъ, явленій.

Выводы.

1. Растворимые въ водѣ продукты разложенія растительныхъ остатковъ, благодаря своей удобоподвижности, должны быть отнесены къ однимъ изъ важнѣйшихъ факторовъ почвообразованія и, кромѣ того, должны считаться ближайшимъ и непосредственнымъ источникомъ питанія сельско-хозяйственныхъ растеній.

2. Качественный и количественный учетъ этихъ легкорастворимыхъ соединеній, постепенно отщепляющихся изъ растительныхъ остатковъ при процессахъ ихъ разложенія—представляется, однако, до настоящаго времени почти совершенно неизученнымъ, что особенно необходимо подчеркнуть по отношенію къ продуктамъ зольнаго характера.

3. Вода въ состояніи переводить въ растворъ значительное количество зольныхъ и органическихъ веществъ уже и изъ свѣжихъ растительныхъ остатковъ, которые совершенно еще не испытали на себѣ процессовъ разложенія. Изъ минеральныхъ соединеній въ наибольшихъ количествахъ переходитъ при этомъ въ растворъ — калій, магній, желѣзо, сѣрная и фосфорная кислоты; известь и кремнекислота идутъ въ растворъ въ сравнительно незначительныхъ количествахъ.

4. Изъ всѣхъ растительныхъ объектовъ, служившихъ для вышеописанныхъ опытовъ, наибольшее количество раствори-

мыхъ въ водѣ соединеній содержитъ въ себѣ корневая система сельско-хозяйственныхъ растеній; далѣе слѣдуютъ листья древесныхъ породъ, за ними—различнаго рода сѣно; еще меньшее количество этихъ соединеній заключается въ соломѣ злаковъ и, наконецъ, наиболѣе бѣднымъ въ этомъ отношеніи объектомъ является хвоя древесныхъ породъ.

5. Изученіе послѣдовательности отщепленія растворимыхъ въ водѣ минеральныхъ продуктовъ изъ различныхъ растительныхъ матеріаловъ, *при процессахъ ихъ разложенія*, показываетъ намъ:

а) что различные растительные матеріалы обладаютъ различной энергіей разлагаемости, причемъ энергія эта находится въ прямой связи съ первоначальнымъ количествомъ въ данномъ матеріалѣ легко-растворимыхъ въ водѣ зольныхъ веществъ;

b) что чѣмъ дальше идутъ процессы разложенія растительныхъ остатковъ, тѣмъ труднѣе подвигается впередъ процессъ отщепленія изъ нихъ растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ;

c) что для *полной* минерализаціи разлагающихся растительныхъ остатковъ требуется весьма продолжительный періодъ времени, такъ какъ, несмотря даже на благопріятныя условія увлажненія и температуры, минерализація эта идетъ обычно лишь до опредѣленнаго предѣла (различнаго для каждаго матеріала), послѣ котораго дальнѣйшій ходъ минерализаціи дѣлается почти неуловимымъ.

6. Первыми веществами, идущими въ растворъ, при начавшихся процессахъ разложенія растительныхъ остатковъ, являются известь и магнезія (въ первой же стадіи этого процесса — почти нацѣло). Соединенія же калія и фосфора являются наиболѣе прочно закрѣпленными въ растительномъ матеріалѣ.

7. Энергія и характеръ разложенія растительныхъ остатковъ представляются намъ совершенно различными въ зависимости отъ того, остаются ли продукты этого разложенія при

разлагающемся матеріалѣ и въ соприкосновеніи другъ съ другомъ, или же систематически удаляются изъ разлагающагося матеріала (атмосферными водами) и, такимъ образомъ, выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ.

8. Въ первомъ случаѣ, процессы разложенія растительныхъ остатковъ и отщепленіе отъ послѣднихъ, какъ результатъ этихъ процессовъ, растворимыхъ минеральныхъ продуктовъ, идутъ нормальнымъ и послѣдовательнымъ ходомъ. Опредѣленный характеръ разложенія въ данномъ случаѣ обусловливается присутствіемъ при разлагающемся матеріалѣ извести (и магнезіи), выпадающей въ растворъ обычно почти на̀-цѣло въ первыя же стадіи этого процесса и создающей, путемъ нейтрализованія образующихся при разложеніи кислотъ, благопріятную среду для дальнѣйшаго, нормальнаго хода этого процесса.

9. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда растворимые въ водѣ продукты разложенія растительныхъ остатковъ систематически удаляются изъ разлагающагося матеріала и выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ, тогда, въ виду того, что этимъ путемъ въ первыя же стадіи этого разложенія, удаляется почти на̀-цѣло CaO (и MgO), въ разлагающейся средѣ накопляются продукты кислотнаго характера и дальнѣйшій ходъ нормальнаго разложенія начинаетъ итти угнетеннымъ темпомъ.

10. Растворимые въ водѣ минеральные продукты разложенія растительныхъ остатковъ претерпѣваютъ, при своемъ поступленіи въ почву, совершенно различную судьбу и вызываютъ, съ другой стороны, въ почвѣ совершенно различныя измѣненія, въ зависимости отъ того, существуетъ ли, въ силу опредѣленныхъ естественно-историческихъ условій, быстрый отводъ изъ почвенныхъ горизонтовъ атмосферной воды, а съ ней вмѣстѣ и растворимыхъ продуктовъ разложенія, или же, наоборотъ, эти послѣдніе продолжительное время не выходятъ изъ сферы взаимодѣйствія другъ съ другомъ и съ составными частями почвы.

11. Въ первомъ случаѣ мы наблюдаемъ прогрессивное уменьшеніе въ почвѣ гумусовыхъ веществъ и обѣднѣніе ея минеральными веществами; во второмъ — наблюдаемъ реакціи противоположнаго характера, а именно, увеличеніе въ почвѣ количества гумуса и большинства минеральныхъ составныхъ частей.

12. Въ ходѣ тѣхъ и другихъ реакцій первенствующую роль играютъ известь и магнезія, входящія въ составъ какъ растительныхъ остатковъ, такъ и почвы, которыя претерпѣваютъ своеобразную судьбу, въ зависимости отъ условій поступленія къ разлагающемуся матеріалу и къ почвѣ атмосферной воды.

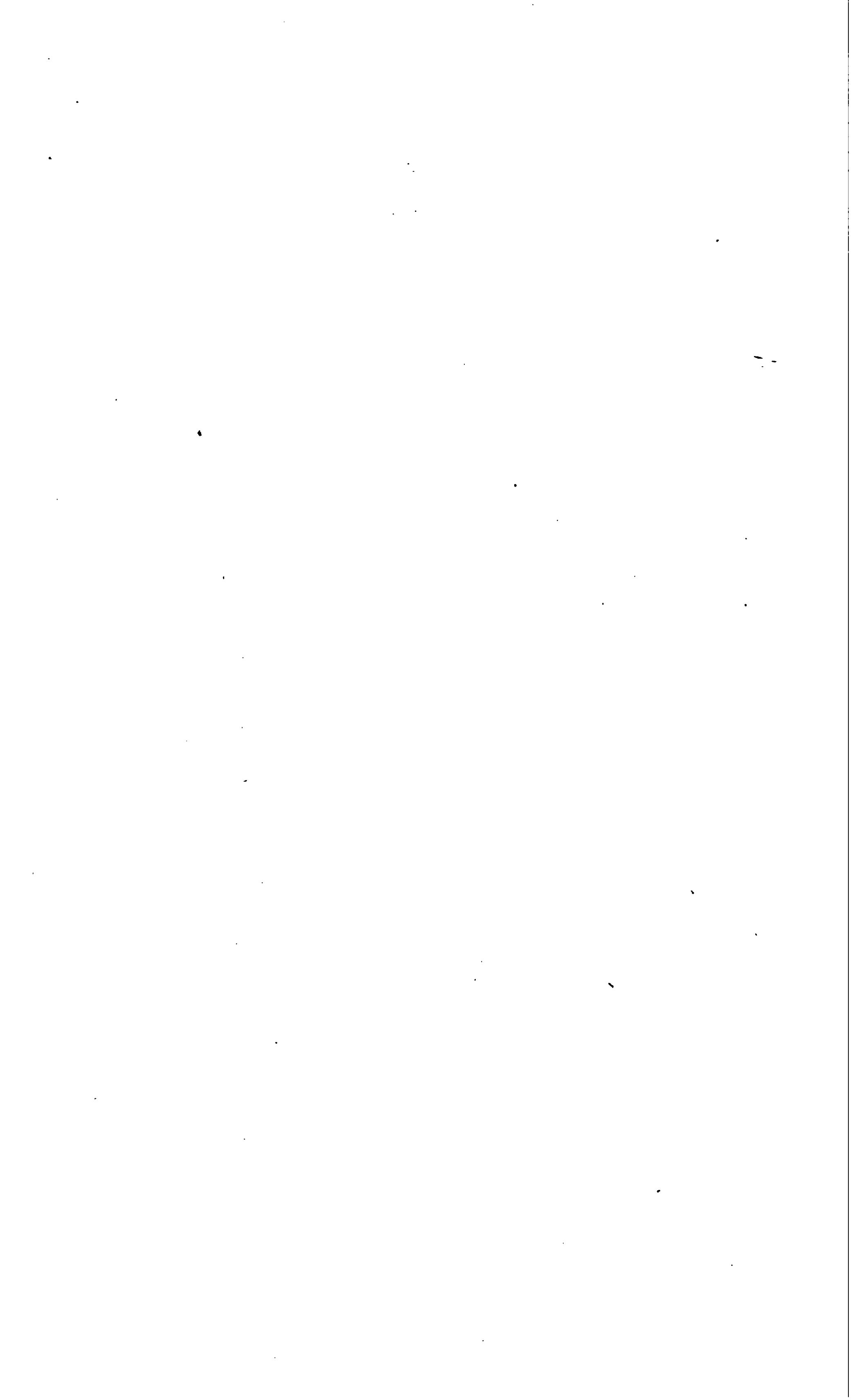
13. Деградаціонные процессы въ черноземѣ можно вызвать искусственнымъ путемъ.

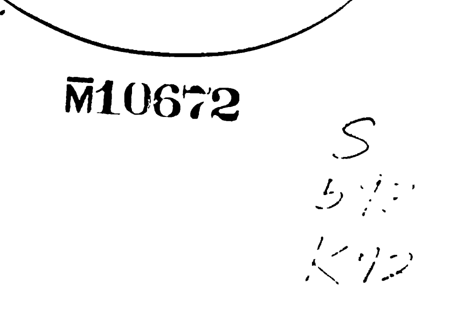
14. Въ сѣрой лѣсной почвѣ мы можемъ экспериментальнымъ путемъ вызвать процессы „реградаціи", т.-е. процессы обратнаго перехода въ черноземный типъ.

15. Измѣненія, претерпѣваемыя почвой подъ вліяніемъ вмываемыхъ продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ, играютъ весьма важную роль въ жизни культивируемыхъ растеній вообще и длиннокорныхъ въ частности.

16. Одной изъ возможныхъ причинъ гибели искусственныхъ лѣсныхъ насажденій въ степи можетъ служить отсутствіе въ глубокихъ горизонтахъ степныхъ почвъ достаточнаго количества удобоусвояемыхъ формъ N и P_2O_5 (частью и K_2O).

17. Недостаточное количество въ степныхъ грунтахъ удобоусвояемыхъ формъ N и P_2O_5 (частью и K_2O) есть явленіе вторичное, вызываемое въ нихъ уже поселившимся лѣсомъ. Главную роль въ этомъ процессѣ играетъ опадающая листва и своеобразныя условія поступленія въ степную почву растворимыхъ продуктовъ разложенія послѣдней.




M10672
S
THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY